# علم المساحة


دكتور

**ياسر أحمد السيد**

كلية الآداب – جامعة الإسكندرية


2007


**مكتبة بستان المعرفة**

طباعة ونشر وتوزيع الكتب

كفر الدوار ـ ٨٦ ش الحدائق ـ بجوار نقابة التطبيقيين

☎ : ٠٤٥/٢٢٢٤٢٢٨ & ٠٤٥/٢٢١١٤٩٥ & ٠١٢١١٥١٢٣٧

| | |
|---|---|
| اسم الكتاب | علم المساحة |
| اسم المؤلف | د. ياسر أحمد السيد |
| رقم الإيداع | ١٣٨٢٣ /٢٠٠٧ |
| الترقيم الدولى | I.S.B.N 977-393- 070 - x |
| الطبعة | الأولى |
| الناشر | **مكتبة بستان المعرفة**<br>كفر الدوار ــ الحدائق ــ ٦٧ ش الحدائق بجوار نقابة التطبيقيين<br>☎: ٠٤٥/٢٢٢٤٢٢٨&٠٤٥/٢٢١١٤٩٥ الإسكندرية ٠١٨٣٥٩٦١١١٢&٠١٢١١٥١٢٢٣٧<br>Email: bostan_elma3rafa @ yahoo.com |

اللّٰهُ لَا إِلٰهَ إِلَّا هُوَ الْحَيُّ الْقَيُّومُ

# تصدير

سبحانك لا أحصي ثناء عليك أنت كما أثنيت على نفسك ❁ تجليت على الأكوان بحلية الجمال فغدت معطرة من شذا نسمات أنسك ❁ وأبدعت الكائنات لا على مثال سابق بل على وفق ما في سابق علمك القديم ❁ فجرت مطيعة لنواميس حكمتك بدون انخرام في الحركات والتنظيم ❁ وأصلي واسلم على من سما درج المعالي فعلا على مراتب الأملاك ❁ ورقى فارتقى فوق السماء حتى جاوز حدود الأفلاك ❁ وعلى آلة الذين نالوا باتباعه مراتب العز والجاه ❁ وخاضوا بحار الهدى فاهتدى بهم الناس إلى سبيل الفوز والنجاة ❁ وأصحابه الذين ألقوا أنفسهم محبة فيه في مشاق التعاسيف وأودية المخاوف ومهاوي الأخطار ❁ وبذلوا أعظم ما عندهم في تحصيل مرضاته فسما ذكرهم في جميع الأقطار .

وبعد .. فقد شهدت السنوات الأخيرة تغيرا كبيرا وتطورا ملحوظا في علم المساحة ، ليس فقط في الأساليب الرياضية ، وإنما أيضا في أجهزة الرفع المساحي ، وما من شك في أن هذا التطور المذهل في علم المساحة قد انعكس أثره في علم صناعة الخرائط ، والتي تعتبر الركيزة الأساسية في علم الجغرافيا ، إذ بدونها تفقد الجغرافيا أداة تعبيرية هامة ويصبح وجودها أمرا لا مبرر له .

والتقنيات المساحية الحديثة التي أثرت في تطور علم صناعة الخرائط بشكل واضح كانت تعني تطور دقة الخريطة ، ومدى الاعتماد عليها بدرجة كبيرة وتطور شكلها بما يتلاءم وطبيعة موضوعها ومحتواها .

وهذا الكتاب هو مساهمة متواضعة أقدمها لمكتبتنا العربية التي تعاني النقص الشديد من مؤلفات في المساحة المستوية ، كما أن كل أملي أن تحقق هذه المحاولة الهدف المنشود منها ، وتسد هي وأمثالها الفجوة العلمية التي تفصل بين العمل المساحي لإنتاج الخرائط في الجامعات العربية وبقية جامعات العالم المتقدم ، وأن يكون في تباين المعروض من الموضوعات واتساع وتعمق الدراسة فيه خير معين للجغرافيين والكارتوجرافيين ، ومشجع لهم على تفهم طبيعة العمل المساحي ، ففي ذلك مواصلة للسير في نهج المعرفة والتطور ومواكبة التقدم العلمي الخلاق .

وأود بهذه المناسبة أن أتقدم بالشكر الجزيل لأستاذي الجليل الأستاذ الدكتور **جودة حسنين جودة** أستاذ الجغرافيا الطبيعية والعميد الأسبق لكلية الآداب جامعة الإسكندرية الذي تتلمذت عليه في مرحلتي الماجستير والدكتوراه ، والذي كان لتوجيهاته السديدة القيمة وتشجيعه المتواصل لي أثر كبير دفعني لإصدار هذا الكتاب ، كما أتوجه بجزيل الشكر وعظيم الامتنان لأستاذي العالمين الأستاذ الدكتور **محمد علي بهجت الفاضلي** أستاذ الجغرافيا البشرية وعميد كلية الآداب فرع دمنهور ، والأستاذ الدكتور **فتحي عبد العزيز أبو راضي** أستاذ الجغرافيا الطبيعية وعميد كلية الآداب جامعة الإسكندرية على ما قدماه لي من عون صادق وتشجيع دائم خلال فترة دراستي وتدريس لهذا الموضوع بالكلية ، كما أتقدم بالشكر للأستاذ الدكتور **محمد مجدي مصطفى تراب** أستاذ الجغرافيا الطبيعية بكلية آداب دمنهور ، و للدكتور **محمد عبد القادر شنيشن** الأستاذ المساعد بالقسم .

ولا يفوتني أن أنوه بفضل ذلك التوجيه الذي لقيته من جميع أساتذتي وزملائي وتلامذتي بقسم الجغرافيا بكلية آداب دمنهور ، واعترف بأنني لن أستطع الوفاء بحق أولئك الذين طوقوا جهدي بجهودهم عن طيب خاطر وأخص منهم السيد **مصطفى أبو كرم** مدرس الخرائط بقسم الجغرافيا والصديق العزيز السيد **محمد شعبان أبوزهرة** وكل من ساهم في هذا العمل .

**المؤلف**

**دمنهور في ٢٠/١/٢٠٠٧**

# فهارس المحتويات





# تمهيد

# تعريف المساحة

يمكن تعريف المساحة بأنها فن وعلم ، يبحث في الطرق المختلفة لتمثيل سطح الأرض ، وما تحتويه من معالم طبيعية كالأنهار والهضاب والجبال والبحار والقارات ، أو صناعية كالمباني والقرى والترع والمصارف والطرق والقناطر والسكك الحديدية وحدود الدول وكذلك الملكيات الخاصة والعامة ، ثم ترسم على خريطة بمقياس رسم معين يوافق الغرض المرسومة من أجله الخريطة ، مثل بيان حدود الملكية واستنتاج مواقعها ومساحاتها ، أو دراسة المشروعات المختلفة أو غيرها ، ونستعين في الرسم باصطلاحات خاصة متفق عليها . كما يجب أن يكون تمثيل الأرض مظهرا مقدار الارتفاعات والانخفاضات في سطحها .

وبيان المعالم الموجودة في الطبيعة على الخريطة ( أي رسم المسقط الأفقي لها) يسمى ( عملية الرفع ) وتنفيذ وتخطيط المشروعات من واقع الرسومات والتصميمات الموجودة بالورق يسمى ( عملية التوقيع Setting-out ) وهي عكس عملية الرفع .

والخرائط أنواع كثيرة فمنها ما هو للخرائط الملاحية للسفن والطائرات ومنها الجغرافية والجيولوجية والخرائط الحربية والزراعية وغيرها .

ومجرد معرفة القوانين والمعادلات الرياضية أو الطرق المساحية المختلفة غير كاف للقيام بالعمل خير قيام ، بل هناك ما هو أهم من ذلك بكثير ، ألا وهو فن معالجة المشاكل المختلفة ، حيث يتطلب الأمر الكثير من الخبرة والمران الصحيح حتى يتسنى اختيار أنسب الطرق والأجهزة لمعالجة الموضوعات .

### ويمكن تقسيم المساحة إلى الأنواع الآتية :

**أولا : الجيوديسيا الهندسية :** ( geometrical geodesy)

وهي علم تعيين أبعاد وشكل الأرض باستعمال الطرق الهندسية ويطلق عليها الطريقة التقليدية ، وفيها توضع شبكة أو سلسلة من المثلثات ويتعين مواضع هذه النقط الجيوديسية بواسطة خطوط الطول والعرض ، وكذلك رصد هذه الأماكن فلكيا ، ومن مقارنة هذه العناصر ببعض يمكن حساب

مركبات الانحراف الرأسي في كل من الاتجاهين الزوالي والمستعرض ، وانحراف الرأسي هو الزاوية المحصورة بين اتجاه الجاذبية لنقطة ما على سطح الأرض والاتجاه العمودي على سطح القطع الناقص لنفس النقطة ، وتعرف المسافة بين السطحين في اتجاه الجاذبية بارتفاع الجيوئيد .

**ثانيا : الجيوديسيا الفيزيائية : ( phyaical geodesy )**

منذ اكتشاف العالم نيوتن لقوة الجاذبية الأرضية ، أتجه علماء الجيوديسيا لدراسة مجال جاذبية الأرض وعلاقاتها بالمواضع الأفقية والرأسية وكذلك بتوزيع الكتل والكثافات ، وقد جاءت النتائج مؤيدة للأبحاث الفلكية بأن الأرض منبعجة عند القطبين ، فقد تبين أن مقدار الجاذبية عند القطبين أكبر ما يمكن وعند خط الاستواء أصغر ما يمكن إذا قيست في مستوى سطح البحر ، ثم جاءت نظرية الاتزان الايسوستاتيكي وكان هايفورد أول من استعمل هذه الطريقة بالإضافة إلى الطريقة الأولى ، وأوجد أبعاد مناسبة لشكل الأرض والتي تم الاعتراف بها في المؤتمر الجيوديسي الدولي في مدينة مدريد عام ١٩٢٤ واستطاع العالم الإيطالي ( Cassini ) استنتاج العلاقة الرياضية لحساب قيمة الجاذبية النظرية على سطح الاسفرويد والتي اعترف بها في المؤتمر المنعقد في استوكهلم عام ١٩٣٠م .

**ثالثا : المساحة المستوية : ( Plane Surveying )**

في هذا النوع نفرض أن مسطح الأرض مستويا تقريبا وتهمل تكور الأرض ، كما نهمل التوزيع الغير منتظم للكتلة ، وذلك لأن هذا الفرع يهتم بدراسة مساحات صغيرة من الأرض لا تتعدى ٢٥٠ كيلو متر مربع ، وبذلك تكون الأخطاء صغيرة جدا بسبب إهمال كروية الأرض .

وعند عمل مسح لأي بلد فإنه يبدأ أولا بعمل مساحة جيوديسية لتعيين وتحديد النقط الثابتة والتي تعرف بشبكة المثلثات الجيوديسية ، ثم يعمل لها بعد ذلك مساحة طبوغرافية لإنشاء الخرائط الطبوغرافية ، ثم يعمل بعد ذلك مساحة تفصيلية لإنشاء الخرائط التفصيلية بمقاييس رسم مختلفة لتفي بالأغراض المتنوعة المطلوبة من هذه الخرائط .

- وبناء على ذلك يجب أن تتوفر في أي خريطة الشرطان التاليان :

١- **الدقة** : بحيث تعطي الخريطة ما نريد معرفته بدقة تامة ، أي أن يكون لدينا صورة مصغرة طبق الأصل المنطقة التي تمثلها الخريطة بمقياس رسم معين .

٢- **الوضوح** : بحيث يمكن لأي شخص ملم بأصول علم المساحة أن يحصل منها على ما يريد من معلومات بأقل مجهود في أقصر وقت ممكن .

ولتحقيق هذين الشرطين يجب أن تدرس الطرق الدقيقة للقياس ويجب أن نلم بالاصطلاحات الدولية لإظهار التفاصيل المختلفة على الخرائط .

وعموما فإن المساحة المستوية يمكن تقسيمها إلى قسمين :-

## (١) المساحة الطبوغرافية :

تختص المساحة الطبوغرافية بعمل خرائط لمناطق واسعة بمقاييس رسم صغيرة ( ١ : ٢٥٠٠٠ ، ١ : ٥٠٠٠٠ ، ١ : ١٠٠٠٠٠ )

ويجب أن تبين هذه الخرائط ما يلي :

أ- طبيعة الأرض من ارتفاعات وانخفاضات .

ب- المعالم والمنشآت الموجودة بالمنطقة من تفاصيل تتفق ومقياس الرسم مثل الأنهار والترع والطرق والقرى والسكك الحديدية وغيرها .

جـ- يجب أن تبين موقع المنطقة بالضبط وبدقة بالنسبة للقطر بأجمعه ، ولهذا الغرض فإنه قبل البدء في عمل مساحة طبوغرافية يجب أن يكون لدينا نقط ثابتة محددة على سطح الكرة الأرضية تسمى بنقط المثلثات على أن تكون هذه النقط هي الأساس الذي يبنى عليه العمل ، وتحدد النقط بما يسمى المساحة الجيوديسية .

وتعمل الخرائط الطبوغرافية عادة للدولة أو للقطر كله وهي مقسمة إلى خرائط صغيرة ويجب لأي دولة متحضرة أن تكون في حوزتها هذه الخرائط حيث أنها أساس لأي مشروع إنشائي أو تخطيطي أو زراعي .

والاستعمالات الرئيسية لهذه الخرائط هي :

أ- رسم خرائط المناطق المتسعة نسبيا كالمراكز والمديريات والمحافظات وبيان ما تحتويه من معالم طبيعية وغيرها من المعالم الصناعية كالمدن والقرى والسكك الحديدية والترع وحدود البلاد .

ب- بيان ارتفاعات وانخفاضات سطح الأرض في صورة خطوط كنتور أو غيرها ، بحيث يمكن معرفة ارتفاع أي نقطة بمجرد النظر إلى الخريطة أو بعملية حسابية بسيطة وهذه الخرائط تكون غالبا بمقاييس صغيرة تتراوح بين ١ : ١٠,٠٠٠، ١ : ١٠٠,٠٠٠ ( أهمها ١ : ٢٥٠٠٠ ) وهي ذات فائدة كبيرة للمهندس في تخطيط الأعمال الهندسية على اختلاف أنواعها .

ت- الاستعانة بها في الدراسات التمهيدية للمشروعات كمشروعات المياه والمنشئات والطرق والسكك الحديدية والخزانات .

ث- في الدراسات الجيولوجية والحربية .

جـ- تعتبر الأساس الذي يعتمد عليه لعمل خرائط ذات مقاييس أكبر أو خرائط تفصيلية .

## (٢) المساحة التفصيلية :

المساحة التفصيلية هي عمل الخرائط بمقاييس رسم كبيرة ( عادة ١ : ٥٠٠ ، ١ : ١٠٠٠) وفي المناطق غير المأهولة قد تجهز بمقاييس الرسم ١ : ٢٥٠٠ أو ١ : ٥٠٠٠ وتسمى الخرائط فيذهذه الحالة بخرائط فك الزمام ، أما في المدن فتسمى بخرائط تفريد المدن .

وتبين الخريطة التفصيلية جزءا من الخريطة العامة أو الطبوغرافية بكل ما فيه من تفاصيل صغيرة ودقيقة ، فيجب أن يبين فيها مثلا جميع تفاصيل المنشئات والمباني وكذا حدود الأراضي والملكيات ولذا كما ذكرنا فهي تسمى في مصر بخرائط فك الزمام .

والخرائط التفصيلية نوعان :

أ- خرائط الأرياف ( فك الزمام ) : وهي تبين حدود الأحواض والملكيات الزراعية ومناطق السكن . ومقياس رسم هذه الخرائط ١ : ٢٥٠٠ ، ١ : ٥٠٠٠ ، والنوع الأول هو الأعم .

ب- خرائط المدن ( تفريد المدن ) : وهي تبين حدود المباني والشوارع والأراضي الفضاء وأراضي البناء وما شابه وترسم بمقياس ١ : ٥٠٠ ، ١ : ١٠٠٠ ، ١ : ٥٠٠٠ ، ونظرا لكبر مقياس الرسم وكثرة التفاصيل الواجب توافرها في هذا النوع من الخرائط فإن دقتها تكون عادة مرتفعة ، والخرائط التفصيلية تعتبر كأساس تحديد الضرائب المستحقة على

الأملاك والأراضي وأساس بيع وشراء الأراضي ، وتستخدم أيضـا فـي المنازعات القضائية وفي تقسيم الأراضي والملكيـات وتعـديلها ونـزع ملكيتها وفي التخطيط النهائي للمشروعات .

والشكل رقم ( ١ ) عبارة عن نموذج لخريطة تفريد المدن .

ولتجهيز أي خريطة من الخرائط يجب علينا إجراء نوعين من العمل :-

**النوع الأول – عمل الحقل :** وهو الرصد والقياس في الحقـل مـن الطبيعـة مباشرة ويجب أن يختار الجغرافي لهذا الغرض الجهاز الصحيح والذي يفـي نوعه ودقته بالغرض المطلوب ، كما يجب أن يعطي هذه الأرصاد كل عناية حتى نحصل على قيم تمثل طبيعة الأرض الفعلية ، وتسجيل هـذه الأرصـاد بنظام دقيق وترتيب متناهي في دفتر خاص ( يسمى دفتـر الغـيط ) ، وأي التباس في التدوين نتيجته الحتمية ضياع قيمة المجهود المبذول في الرصـد ، لذا يجب العناية والاهتمام بنوته الغيط ونظامها ونظافتها وتجنب أي تـدوين خارجها ، كما أنه يجب عدم مسح أي أرصاد تكون محل شك بـل شـطبها وكتابة التصحيح بجوارها .

**النوع الثاني – عمل المكتب :** وهو استعمال الأرصاد المدونة في دفتر الغيط لحساب إحداثيات النقط وارتفاعها وترقيمها على اللوحـة ورسـم الخريطـة النهائية ، وتتم هذه العملية في المكتب ، ويجب أن تتناسب دقتهـا مـع دقـة الأرصاد نفسها .

والخريطة هامة جدا لكثير من البشر ، فالجغرافي يحتاجهـا لتوضـيح التوزيعات المكانية للظواهر الجغرافية ، كما يستعملها مهندس الري في إقامة مشروعاته من ري وصرف وإقامة خزانات وغيرها ، ويسـتعملها مهنـدس المواصلات في إنشاء طرقه الحديديـه والزراعيـة والجويـة والبحريـة ، ومهندس التنظيم في تخطيط المدن ، وكذا المهندس الزراعـي ، ومهنـدس المناجم في البحث عن المعادن ، والقاضي يعتمد عليهـا فـي الفصـل فـي قضايا النزاع ، والمحاكم تتخذها مستندا أساسيا لتسجيل الأملاك ، والجـيش يستعين بها في حروبه ، وتستعمل في استصلاح الأراضي ، وعلى ضـوئها يهتدي الاقتصادي إلى أغراضه ، وعلى العموم فهناك عدد لا حصر له مـن هذه الفوائد والاستعمالات .




شكل رقم "١" جزء من مدينة دمنهور عام ٢٠٠٠م

وتعتبر الخريطة عامة أساسا لكل المشروعات والأعمال ، وأنه لمبـــرر كاف لما يصرف عليها من الأموال الباهظة والجهد الكبير ثم بيعهـــا بـــثمن زهيد بل وتوزيعها على الأهالي مجانا ،كما هو الآن في الولايـــات المتحـــدة الأمريكية .

وتختلف الطرق المتبعة في عمل الخرائط بالنسبة لاتساع المنطقة المراد عمل خريطة لها ، وعلى الغرض المطلوب من أجله الخريطة ، وعلى موقع القطعة من سطح الأرض ، وعلى شكلها وأبعادها .

وفي الأبواب التالية سنبين الطرق المختلفة لكيفية عمل هـــذه الخـــرائط ورسمها حتى تعيننا على تنفيذ الأغراض المطلوبة منها .

# الفصل الأول

# مقاييس الرسم

**مقدمة :**

**أولاً : المقاييس الكتابية .**

- *المقياس المباشر .*
- *مقياس الكسر البياني .*
- *مقياس الرسم النسبي .*

**ثانيا : المقاييس الخطية .**

- *المقياس الخطي البسيط .*
- *المقياس الخطي الدقيق .*
- *المقياس الشبكي .*
- *المقياس المقارن .*
- *المقياس الزمني .*

## المقدمة :

الخريطة أداة ضرورية لتزويد الإنسان بالمعرفة الجغرافية ، ولما كـان العالم الحقيقي أكبر من أن تستوعبه ورقة فقد عرفت الخرائط دائمـا علـى اختلاف أنواعها بأنها صورة مصغرة ، إذ يستحيل رسم أي موقع على سطح الأرض الكروي بنفس أبعاده على مساحة متماثلة من الورق ، ومن هنا كانت الحاجة إلى إيجاد نسبة بين ما يرسم على الورقة وبين ما يماثله على سـطح الأرض ، وهذه النسبة تسمى مقياس الرسم .

وبشكل عام يمكن القول : إن مقياس رسـم الخريطـة يكـون كبيـرا إذا كانت النسبة بينه وبين ما يمثله على سطح الأرض صغيرة مثل مقـاييس ١/٢٥٠٠٠ ، ١/٢٥٠٠ ، ١/٥٠٠ ، إلى أن نصل إلى ١/١٠٠ وهـو أكبـر أنواع المقاييس المستخدمة في معظم دول العالم ، ويكون المقيـاس صـغيرا كلمـا كبـرت النسـبة مثـل مقيـاس ١/١٠٠٠,٠٠٠ ، ٢,٥٠٠,٠٠٠ ، ١/ ٤,٠٠٠,٠٠٠ ، ١/ ١٠,٠٠٠,٠٠٠ .

ومعنى أن نقول : إن مقياس رسم هذه الخريطة هو ١/١٠٠٠ مثلا فهذا يعني أن كل وحدة على الخريطة يقابلها ١٠٠٠ وحدة مماثلة على الطبيعـة ، أي أن كل ١ سم على الخريطة يقابله ١٠٠٠ سم في الطبيعة ، وترجع أهمية المقياس على الخريطة إلى أنه الأساس الذي يمكن الاعتماد عليه في معرفـة أي مسافة أو مساحة على الخريطة ، وبالتالي في الطبيعـة ، فعلـى سـبيل المثال إذا كانت المسافة بين مدينتين على الخريطة كالقاهرة والزقازيق هـي ٨,٤ سم وكان مقياس رسم هذه الخريطة هو ١/١٠٠٠,٠٠٠ لكان معنى ذلك أن المسافة بين المدينتين على الطبيعة هي ٨٤ كم ، حيث إن مقياس الخريطة هنا يعني أن كل (ا) سم عليها يقابله ١٠ كم في الطبيعة .

وعلى الرغم من أهمية وجود مقياس الرسم كأساس من أسس الخريطة إلا أنه ينبغي أن يستخدم بحذر عند قيـاس المسـافات وخاصـة إذا كانـت الخريطة ذات مقياس صغير ، وذلك انطلاقا من أن قياس المسافة أفقيا علـى ورق يختلف عن قياس المسافة على هيئة قوس ( شكل سطح الأرض) ويقدر مقدار الفرق بين القياسين بمقدار اختلاف متر في مسافة ١٨٢كم ، ومن هنـا كانت الخرائط صغيرة المقياس أقل دقة ، بل واستخدام مقياس الرسم فيها أقل

دقة من استخدامه في الخرائط كبيرة المقياس ، حيث تمثل مساحة صغيرة من مسطح الأرض ، وبالتالي فيكون فيها التقوس محدودا .

وفي الواقع لا يستخدم مقياس الرسم فقط في تحديد المسافات والمساحات على الخرائط بل يستخدم في تحليل شبكة انتشار الرموز المستخدمة في الخريطة ، كما أنه يستخدم في التعرف على شكل انتشار الظاهرة الجغرافية ومعرفة بنيتها وتركيبها ووظيفتها ، وأيضا مقدار التغير فيها إذا ما توافرت سلسلة من الخرائط الطبوغرافية القديمة والحديثة .

وهناك شبه اتفاق على تصنيف مقاييس الرسم إلى نوعين هما :

أ- المقاييس الكتابية .

وتنقسم على المقياس المباشر ، ومقياس الكسر البياني ، والمقياس النسبي .

ب- المقاييس الخطية .

وتنقسم إلى المقياس الخطي البسيط ، والمقياس المقارن ، والمقياس الشبكي .

## أولا - المقاييس الكتابية :

### (١) *المقياس المباشر* : **Statement of Scale**

في هذه الطريقة من طرق مقياس الرسم تكتب المسافة على الخريطة وما يقابلها من مسافة على الأرض مثل :

بوصة لكل ميل . (أو) سنتيمترات لكل كيلومتر . ( أو ) ٦ بوصة لكل ميل . ( أو ) ٤ سنتيمتر لكل كيلومتر .

وربما كانت هذه أنسب وسيلة لبيان مقياس الرسم ، لأن دلالة المقياس واضحة ومباشرة ، ولذلك كثيرا ما يستخدم هذا المقياس في الخرائط الطبوغرافية الكبيرة المقياس ، ولكن لكي نفهم هذا النوع من المقاييس ، ينبغي أن نكون على دراية بنظام القياس في القطر الذي أصدر الخريطة ، وإلا يصبح المقياس الكتابي طلسما غير مفهوم بالنسبة لنا . فمثلا ، إذا لم نكن عارفين بنظام القياس الروسي وما يناظره في القياس العربي أو العالمي ، فلن نستطيع أن نفهم شيئا من خريطة روسية كتب عليها المقياس الكتابي التالي :

“ One sajenyam to 1000 versts “

وحتى إذا استطعنا تحويل نظم القياس الأجنبية إلى نظم قياسنا المتبعة ، فسوف يتطلب هذا كثيرا من العمليات الحسابية ، ومن ثم تفقد هذه الطريقة من طرق عرض مقاييس الرسم بساطتها ، أضف على ذلك انه في

حالة تكبير الخريطة أو تصغيرها ، فلن يصبح المقياس الكتابي صحيحا – بل متناقضا مع وضع الخريطة الجديدة ( التي ظهرت بعد تكبير أو تصغير الخريطة الأصلية ) .

على أن معظم دول العالم وكذلك المنظمات الدولية تهدف في الوقت الحاضر إلى اتخاذ النظام المتري وتعميمه كنظام قياس عالمي ، وفي هذه الحالة سيكون من السهل جدا فهم أي خريطة أجنبية تحمل المقياس الكتابي بالنظام المتري ( مثلا : سنتيمتر لكل كيلومتر) ، لأنه نظام منطقي يستوعبه الذهن بسرعة .

## (٢) *مقياس الكسر البياني* : **R.F.**

سبق أن أشرنا إلى مقياس الكسر البياني Representative Fraction وهو يعني أن وحدة القياس ( كما تظهر في بسط الكسر) على الخريطة تمثل عددا من الوحدات المماثلة ( كما تظهر في مقام الكسر) على الأرض ، وقد يسمى هذا المقياس أيضا " المقياس العددي" Numerical scale ، وقد يكتب في مثل هذه الصورة $\frac{١}{٢٥٠,٠٠٠}$ ، أو ١ : ٢٥٠,٠٠٠ – وهذه هي الصورة الأفضل – ويعني المقياس في هذا المثال أن ١سم على الخريطة يمثل ٢٥٠,٠٠٠ سم على الطبيعة ، أو أن بوصة واحدة على الخريطة تمثل ٢٥٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة ؛ وبالمثل في أي وحدة قياس أخرى – المهم أن نوحد وحدة القياس في طرفي المقياس

ومن هنا ، كان لمقياس الكسر البياني خاصية فريدة من حيث كونه صالح للاستخدام عالميا ، فهو يتجنب ذكر اسم أي وحدة قياس عند كتابته على الخريطة ، وفي نفس الوقت يتلاءم مع أي وحدات قياسية – حتى لو كانت غير مألوفة لنا – ما دامت موحدة على طرفي المقياس .

والعيب الرئيسي في استخدام هذا المقياس يظهر فقط في حالة تكبير الخريطة الأصلية أو تصغيرها ، لأن المقياس المكتوب بهذه الطريقة لن يكون صحيحا في الخريطة الجديدة ( نفس الوضع الذي ذكرناه في حالة المقياس السابق وهو المقياس الكتابي أو المباشر) . ولذلك يجب أن نأخذ هذا الأمر في الاعتبار عندما نريد تكبير خريطة أو تصغيرها ، والحل الوحيد هو أن نكتب على الخريطة الأصلية مقدما مقياس الكسر البياني الذي سيتناسب مع حالة

الخريطة الجديدة ، فمثلا إذا كان لـدينا خريطـة نعـرف ان مقياسـها هـو ١ : ٢٠٠,٠٠٠ ، ونريـد أن نصـغرها إلـى نصـف حجمهـا بالتصـوير الفوتوغرافي ، فيحسن قبل عملية التصغير أن نزيل هذا المقياس من الخريطة الأصلية ونكتب مكانة المقياس ١ : ٤٠٠,٠٠٠ – لأنـه المقيـاس المناسـب عندما تصغر الخريطة الأصلية إلى النصف .

وهنا قد يندهش القارئ المبتدئ ويظن أن هناك خطأ في طباعـة هـذه الأرقام ، ويتساءل ألم يكن من المنطقي أن يصبح مقياس الخريطة الصـغيرة الجديدة ١ : ٥٠,٠٠٠ بدلا من ١ : ٢٠٠,٠٠٠ ؟ الواقع أنه ليس هناك خطـأ مطبعي ، وأن ما ذكرناه صحيح تماما ، والمسألة ببساطة هـي كمـا يلـي : مقياس ١/ ١٠٠,٠٠٠ أكبر من مقياس ١/ ٤٠٠,٠٠٠ ؛ لأنه في الحالة الأولى يمثل السنتيمتر على الخريطة ٢ كيلومتر على الطبيعة ، أما في الحالة الثانيـة فسوف يمثل السنتيمتر على الخريطة ٤ كيلومتر على الطبيعـة – بمعنـى أن وحدة الطول الثابتة على الخريطة ( وهي اسم) التي كانـت تشـمل تفاصـيل ٢ كيلومتر أصبحت تشمل تفاصيل ٤ كم في نفس الحيز المحدود وبالتالي لابد أن تصغر الأبعاد على الخريطة وتقل التفاصيل .

لذلك يجب أن يتدرب القارئ على قراءة مقاييس الرسم ، حتـى يـدرك لأول وهلة مقياس الرسم إذا كان كبيرا أو صغيرا . وهناك قاعدة عامة تقـول : كلما كبر مقام الكسر البياني حسابيا ، كلما صغر مقياس رسـم الخريطـة ، وبالتالي عظمت المساحة التي يمكن أن ترسم على خريطة معينـة – وهـذا يعني فقدان كثير من التفاصيل . ويحسن من الآن أن يتناول القـارئ أطلسـه ويتعرف على مقاييس الرسم في الخرائط المختلفة .

### (٣) *مقياس الرسم النسبي* : Proportional Scale

وهو عبارة عن مقياس الرسم الكسرى ، ولكن في صورة نسبة . وذلك بوضع البسط وقدرة الواحد الصحيح في طرف والمقام في الطرف الآخر من النسبة . فيقال مثلا ١ : ٥٠٠٠ ، أي أن كل وحدة واحـدة علـى الخريطـة يقابلها ٥٠٠٠ وحدة من نفس النوع على الطبيعة . وهو يشبه إلـى حـد مـا مقياس الرسم المباشر ، إلا أن مقياس الرسم المباشر لا يذكر طرفي النسـبة بوحدات واحدة بعكس الحال في مقياس الرسم النسبي .

## ثانيا : المقاييس الخطية .

ويبدو فيها مقياس الرسم في شكل مرسوم ومكتوب ، وهذا النوع من المقاييس تتفوق في وظيفتها على النوع الأول ، وذلك انطلاقا من تغلبها على بعض صعوبات استخدام المقاييس الكتابية ، فهي على سبيل المثال لا تتطلب إجراء القياس المباشر عند الاستخدام ، إذ يستطيع المستخدم لهذا المقياس أن يتعرف على الأبعاد الحقيقية من خلال وضع المسافة المقاسة على المقياس المرسوم نفسه ومن ثم قراءة الأرقام الواقعة يعني سهولة القراءة واستخلاص المعلومة ، فالخريطة أولا وأخيرا كتلة من الاتصالات ولها مرسل واحد وهو المصمم ، بينما مستقبلوها عديدون ، ولكي يصمم الكارتوجرافي خريطة ذات تأثير عال على مستخدمها فلابد أن يراعى في المقام الأول أهم عوامل نجاحها وهي سهولة قراءتها من خلال أساسياتها ، ولعل مقياس الرسم أول وأهم هذه الأساسيات .

بالإضافة إلى ذلك فالمقاييس الخطية لا تتأثر عمليات القياس بها بعد إتمام عمليات التكبير والتصغير لكونها مرسومة ، أي أن أي تكبير أو تصغير سيتم معه تصغير أو تكبير خط المقياس المرسوم نفسه ، وبالتالي فلن يكون هناك أدنى تشويه أو أخطاء في معرفة الأبعاد على الخرائط ومن ثم في الطبيعة .

وليس هناك طول محدد لرسم المقياس الخطي بل يتوقف ذلك على حجم الخريطة ، وأيضا مقدار مساحة اللوحة الممثل عليها الخريطة ، فالأمر إذن يعتمد على مدى التناسب بين طول خط المقياس وأبعاد الخريطة نفسها .

ولكن على الرغم من عدم الاتفاق على الطول المثالي لخط المقياس إلا أن هناك شبه اتفاق على بعض القواعد التي ينبغي مراعاتها في تصميم المقياس الخطي وهي :

١- أن يحتوي على وحدة تقع على طرف المقياس تكون مجزأة تفيد في قياس كسور القياس والأجزاء الدقيقة منه .

٢- أن تقاس وحدات المقياس بالسنتيمترات أو البوصات لتعبر عن الأبعاد على الخريطة بينما تكتب أعلى الخط قيم المقياس في الطبيعة .

٣- لسهولة قراءة المقياس يفضل أن يصمم خطين متوازيين لا يزيد الفرق بينهما عن ١ مم على أن تسود بعض وحدات المقياس لسهولة القراءة .

وليس المجال هنا لعرض تطبيقات على كيفية استخدام مقياس الرسم ، ولكن ما ينبغي أن ننوه إليه هو أن المقاييس الخطية عديدة ومتنوعة ويمكن تصنيفها إلى الأنواع التالية :

أ- المقياس الخطي البسيط .

ب- المقياس الخطي الدقيق .

جـ- المقياس الشبكي .

د- المقياس الخطي المقارن .

هـ - المقياس الزمني .

### ١- المقياس الخطي البسيط .

إذا أردنا أن نرسم مقياسا خطيا لأي خريطة فإن أول ما يهمنا هو معرفة الكسر البياني لهذا المقياس ، فلو طلب رسم مقياس خطي لخريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠,٠٠٠ فمن الواضح أن هذا المقياس كيلو متري وذلك لأنه ينتهي بعدد كبير من الأصفار .

| | | |
|---|---|---|
| مقياس رسم الخريطة | ١ | : ١٠٠,٠٠٠ |
| أي | ١ سم | : ١٠٠,٠٠٠ سم |
| أي | ١ سم | : ١٠٠٠ متر |
| أي | ١ سم | : ١ ك .م |

ومن هذا نستخلص أن مقياس الرسم يمثل ١ سنتيمتر على الخريطة لكل ١ كيلو متر على الطبيعة وبعد ذلك نرسم خطا مستقيما طوله يناسب مساحة الخريطة ونقسمه إلى عدة أقسام طول كل منها ١ سنتيمتر ونكتب فوق كل نقطة من نقط التقسيم ما يقابلها بالكيلو مترات .

٨كم ٧ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١ ٠

شكل رقم (٢)

أما إذا كان المطلوب رسم مقياس رسم خطي لخريطة مقياسها ١ : ٦٣٣٦٠ فمن الواضح أن هذا المقياس ميلي .

مقياس رسم الخريطة ١ : ٦٣٣٦٠

أي ١ بوصة : ٦٣٣٦٠ بوصة

أي ١ بوصة : ١ ميل

وبنفس الطريقة السابقة نرسم المقياس الخطي ونوضح عليه وحدات القياس بالأميال .

٣ميل ٢ ١ ٠

شكل رقم (٣)

**مثال (١) : حول المقياس ١/٣٥٠,٠٠٠ إلى مقياس خطي يقيس بالكيلومترات.**

طريقة الحل : تبعا لهذا المقياس ؛

١سم على الخريطة يمثل ٣٥٠,٠٠٠ سم على الطبيعة .

وبما أن الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم

∴ ١ سم على هذه الخريطة = ٣,٥ كيلومتر على الطبيعة

وبفرض أن (س) سم على هذه الخريطة = ٣٠ كيلومتر على الطبيعة

∴ (س) على هذه الخريطة = $\frac{٣٠ \times ١}{٣,٥}$ = ٨,٥٧ سم

وبهذا يمكن رسم خط طوله ٨,٥٧م لكي يمثل ٣٠ كيلو مترا على الطبيعة – تبعا لهذا المقياس . وبعد ذلك نقسم طول هذا الخط إلى ثلاثة أقسام متساوية حيث يمثل كل قسم منها ١٠ كم ( أو نقسمه إلى ستة أقسام يمثل كل منها ٥ كم ) – مع إضافة وحدة للأقسام الثانوية بجانب صفر الترقيم .

٣٠كم ٢٠ ١٠ ٠

شكل رقم (٤)

ولكن كيف يتسنى لنا رسم خط طوله ١٤,٢٩ سم . ثم نقسمه بعد ذلك إلى خمسة أقسام متساوية ؟ هنا لابد أن نستعين بطريقة " الخط المساعد" وهي طريقة سهلة وتستخدم لتقسيم أي خط إلى عدد من الأقسام المتساوية ، ولنفرض أن لدينا الخط ( أب ) – في (شكل ٥) – ونريد مثلا أن نقسمه إلى

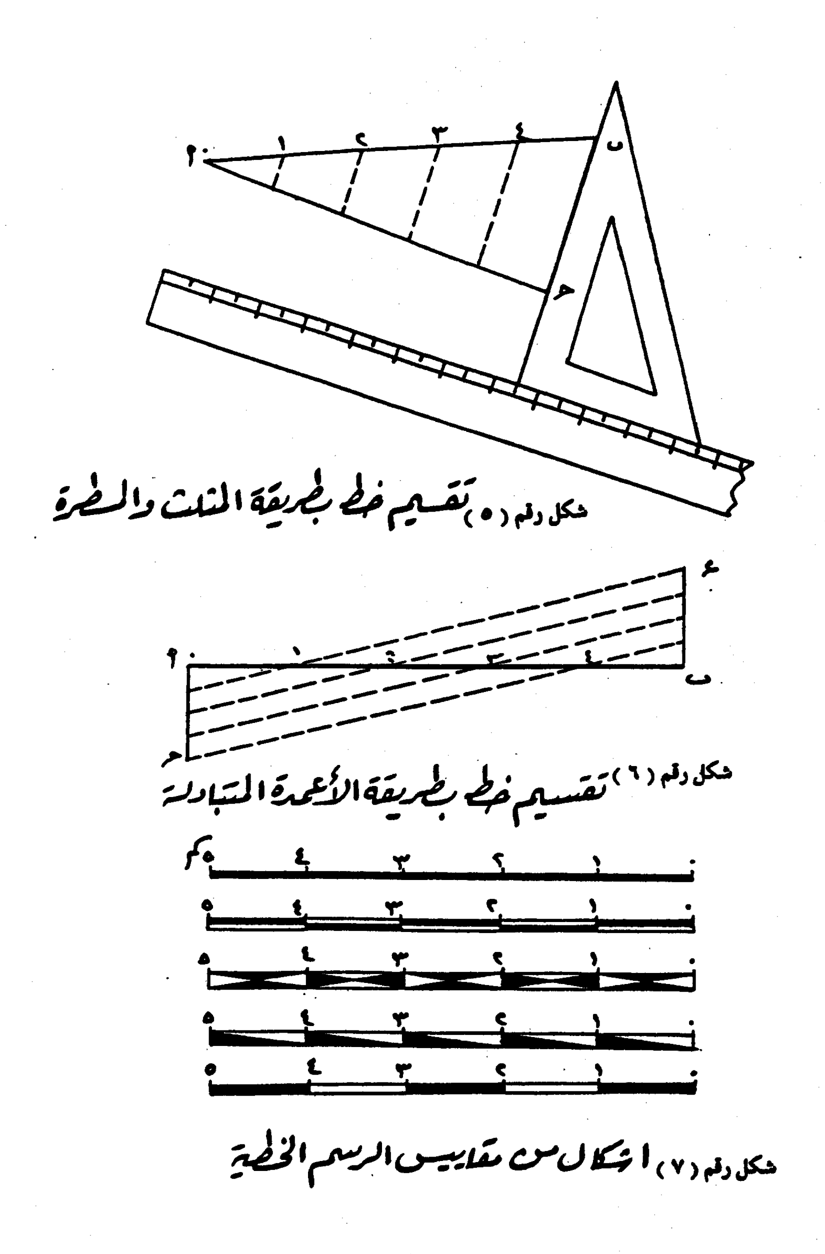
خمسة أقسام متساوية . فنبدأ برسم خط مساعد ( أ جـ ) بأي زاوية حادة مناسبة من نقطة ( أ ) بحيث يكون طول هذا الخط المساعد مقاربا لطول الخط الأصلي المراد تقسيمه . ثم نقيس على الخط المساعد خمسة وحدات معروفة ولتكن هذه الوحدات بالسنتيمتر أو نصف السنتيمتر أو البوصة أو أي وحدة ثابتة ، ثم نرسم خطا من نقطة ( ب ) غلى نهاية القسم العاشر على الخط المساعد ، وهو في هذا الشكل الخط ( ب جـ ) ، ثم نرسم خطوطا موازية له عند نقط التقسيم على الخط المساعد .

وسنرى في النهاية أن هذه الخطوط المتوازية تقسم الخط الأصلي ( أب ) إلى عشر أقسام متساوية . ولابد بالطبع أن نستعين في رسم الخطوط المتوازية بمثلث ومسطرة – كما في ( شكل ٥ ) . وباستخدام هذه الطريقة يمكن تقسيم الخط الأصلي إلى أي عدد آخر من الأقسام المتساوية : أربعة أو ستة أو سبعة أقسام مثلا حتى السنتيمتر يمكن تقسيمه إلى سبعة أقسام لكي نقيس منها قسمين يمثلان (٠,٢٩) سنتيمتر وإن كان يمكن اعتبار ٠,٢٩ سم تساوي تقريبا ٠,٣ سم .

وبهذا يمكن رسم خط المقياس الخطي السابق بطول ١٤,٣ سم ، ثم نقسم هذا الخط إلى خمسة أقسام متساوية بطريقة الخط المساعد التي ذكرناها .

هناك طريقة ثانية تسمى **طريقة الأعمدة المتبادلة** : وهي عبارة عن إنشاء عمودين متبادلين عند طرفي خط المقياس ، طول كل منهما أربعة وحدات متساوية مقسمة أربعة أجزاء ، ففي الشكل رقم ( ٦ ) العمودين أ جـ ، ب د متبادلان على طرف خط المقياس أ ب . وكل منهما مقسم إلى أربعة أقسام متساوية . نصل نقطة جـ بنقطة نهاية القسم الأول على العمود ب د ( النقطة الأولى على العمود ب د ) ، وكذلك باقي النقط على كلا العمودين ، فتكون نقطة تقابل هذه الخطوط مع خط المقياس هي الأقسام المطلوبة .

وبعد تقسيم خط المقياس إلى أقسام متساوية طول كل منها يساوي ٢,٨٦سم تقريبا ، يكتب عليه الأطوال الدالة عليها في الطبيعة . ويمكن أن يتخذ المقياس الخطي البسيط أحد الأشكال المبينة في الشكل رقم (٧) في صورته النهائية .



شكل رقم ( ٥ ) تقسيم خط بطريقة المثلث والمسطرة

شكل رقم ( ٦ ) تقسيم خط بطريقة الأعمدة المتبادلة

شكل رقم ( ٧ ) أشكال من مقاييس الرسم الخطية

مثال (٢) : حول المقياس ١/ ١٠٠,٠٠٠ إلى مقياس خطي يقيس بالأميال

الحل : تبعا لهذا المقياس

١بوصة على الخريطة تمثل ١٠٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة .

وبما أن الميل = ٦٣٣٦٠ بوصة

∴ ١ بوصة على هذه الخريطة تمثل $\frac{١٠٠ ٠٠٠}{٦٣٣٦٠}$ = ١,٥٨ ميل على الطبيعة ، وبما أن ١ بوصة = ١,٥٨ ميل

∴ ( س ) بوصة = ٥ ميل

∴ ( س ) = $\frac{١×٥}{١,٥٨}$ = ٣,١٦ بوصة

وهكذا نرسم خطا طوله ٣,١٦ بوصة ، ثم نقسمه إلى خمسة أقسام متساوية ( باستخدام طريقة الخط المساعد) ليمثل كل قسم منها ميلا واحدا وسوف يكون طول كل قسم في هذا المقياس ٠,٦٣ من البوصة وهذا بالطبع يمثل ميلا واحدا .

٥ ميل ٤ ٣ ٢ ١ ٠

شكل رقم (٨)

ولكن مرة أخرى سوف نواجه من البداية مشكلة قياس أجزاء مئوية من البوصة ، إذ كيف سنرسم خطا طوله ٣,١٦ بوصه ؟ كيف نقيس الـ ٠,١٦ من البوصة ؟ وحتى إذا أردنا أن نرسم خط كل ميل على حده ، فسوف نجد طوله = ٠,٦٣ من البوصة المشكلة إذن قائمة على أية حال ولابد من طريقة نقيس بها الأجزاء المئوية من البوصة ، وحل هذه المشكلة القياسية يكمن فيما يسمى بالمقياس الشبكي .

## ٢- المقياس الخطى الدقيق :

لا يختلف المقياس الخطى الدقيق عن المقياس الخطى البسيط سوى فى إضافة وحدة طولية من وحدات المقياس تقسم إلى أقسام من شأنها أن تزيد من دقة المقياس ، وتمكن من قياس أبعاد أصغر من الوحدات التى توضحها أقسام المقياس الرئيسية .

**مثال ( ٣ ) : صمم مقياس دقيق لخريطة مقياس رسمها ١ : ٥٠٠٠ بحيث تصل دقة القياس به إلى عشرة أمتار ، نتبع الخطوات الآتية :**

أ – ١ وحدة : ٥٠٠٠ وحدة

١ سم : ٥٠٠٠ سم

١سم : ٥٠ متر

ب – يرسم خط مستقيم بطول مناسب وليكن ٤ سم ، ويقسم إلى أقسام متساوية كل منها يساوى ١سم ، ويدرج صفر ، ٥٠ ، ١٠٠ ، ١٥٠ ، ٢٠٠ مترا ، ثم تضاف وحدة للمقياس طولها ١ سم ، أى تقابل ٥٠ متر تبعا للآتي :

عدد الأقسام الفرعية = دقة القسم الرئيسى / الدقة المطلوبة = ٥٠ / ١٠ = ٥ أقسام

جـ – وتقسم الوحدات إلى خمسة أقسام متساوية كل قسم منها عشرة أمتار على الطبيعة .

٥٠م ٠ ٥٠ ١٠٠ ٢٠٠ ٢٥٠م

شكل رقم ( ٩ )

## ٣- المقياس الشبكي :

هو مقياس خاص مركب يمكن بواسطته بيان أجزاء أصغر على المقياس الخطي الدقيق ، في حالة ما إذا كان المطلوب زيادة الدقة التي يقيس إليها هذا المقياس ، وهي أجزاء قد تكون من الصغر بحيث يتعذر معه بيانها بالتقسيم العادي ، كما تكون مثلا $\frac{١}{١٠٠}$ من البوصة أو السنتيمتر .

وتعتمد فكرة هذا المقياس على حقيقة هندسية بسيطة مؤداها أنه لتقسيم أي خط على قسمين متساويين ، وليكن الخط ( أب ) في الرسم البياني الأول من الشكل رقم (١٠) ، نرسم على هذا الخط العمودين ( هـ أ ، وب ) ، ثم نرسم خطين موازيين ( جـ د ، هـ و) للخط الأصلي وعلى مسافات متساوية على العمودين ، وحين نرسم القطر ( و أ ) فسوف ينصف الخط الأوسط ( جـ د ) في نقطة ( ن) ، ويقسمه إلى قسمين متساويين – وبالتالي فإن نصف الخط الأوسط ( جـ د ) يمثل في نفس الوقت نصف الخط

الأصلي ( أب) ويمكن إثبات ذلك بإسقاط العمود ( ن ط ) من نقطة ( ن) الذي سينصف الخط ( أ ب ) ويقسمه إلى قسمين متساويين .

وبالمثل ، إذا رسمنا ثلاثة خطوط موازية للخط الأصلي ( أ ب ) وعلى مسافات متساوية ، فإن القطر ( و أ ) سوف يقسم الخط الأصلي إلى ثلاثة أقسام متساوية ( أنظر الرسم البياني الثاني في شكل ١٠ ) . وإذا رسمنا عشر خطوط متوازية وعلى مسافات متساوية ، فسوف يقسم القطر الخط الأصلي إلى عشر أقسام متساوية وهذه هي الأقسام التي اعتمدت عليها فكرة المقياس الشبكي .

وتعتمد فكرة المقياس الشبكي أساسا على النظرية السابقة فإذا أريد مثلا تصميم مقياس رسم خطي لخريطة مرسومة بمقياس ١ : ١٠٠٠٠ ليقرأ إلى متر واحد فإننا نجد أن هذا المتر الواحد على الطبيعة يقابله على المقياس الخطي بعدا يساوي ٠,١ من المليمتر ، وفي هذه الحالة يتعذر تعيين هذا الكسر الصغير من المليمتر على الورقة . وعلى فرض إمكان تعيينه فليس من الممكن قراءة الأجزاء الناتجة بالدقة الكافية .

ولذلك فقد دعت الحاجة إلى استنباط طريقة يمكن بها بيان هذه الأجزاء وقراءتها بسهولة وهي عمل مقياس شبكي على الجزء الموجود على يمين صفر تدريج المقياس الخطي ، ويكون المقياس الشبكي بمثابة الورنية للمقياس المدرج ، لأن به يمكن تعيين كسر صغير من أصغر وحدة مبينة على المقياس الخطي .

**مثال رقم (٤) : صمم مقياس شبكي لخريطة مرسومة بمقياس رسم ١: ٥٠٠٠ مثلا يقرأ إلى أقرب متر صحيح .**

**خطوات الحل :**

أ- نرسم أولا مقياسا خطيا بسيطا ثم نضيف عليه وحدة من وحداته فيصبح مقياسا خطيا دقيقا .

كل اسم على الخريطة يقابل ٥٠٠٠ سم على الطبيعة

أي كل اسم على الخريطة يقابله ٥٠ متر على الطبيعة

نرسم خطاً بطول مناسب ونأخذ عليه ابعادا كل منها = ١ سم أي = ٥٠متر

ونرقم هذه الوحدات من الصفر ، فنحصل بذلك على المقياس الخطي البسيط نضيف وحدة طولها ١ سم بجوار صفر المقياس ونقسمها إلى خمسة أقسام متساوية فيكون طول كل قسم = ٢ مم = ١٠ متر ، وبذلك نحصل على المقياس الخطي الدقيق .

(ب) ولإنشاء المقياس الشبكي لبيان الدقة المطلوبة وقدرها ١ متر ، لحساب عدد الخطوط الأفقية نستخدم المعادلة الآتية .

عدد الخطوط الأفقية = دقة أصغر قسم في المقياس / الدقة المطلوبة

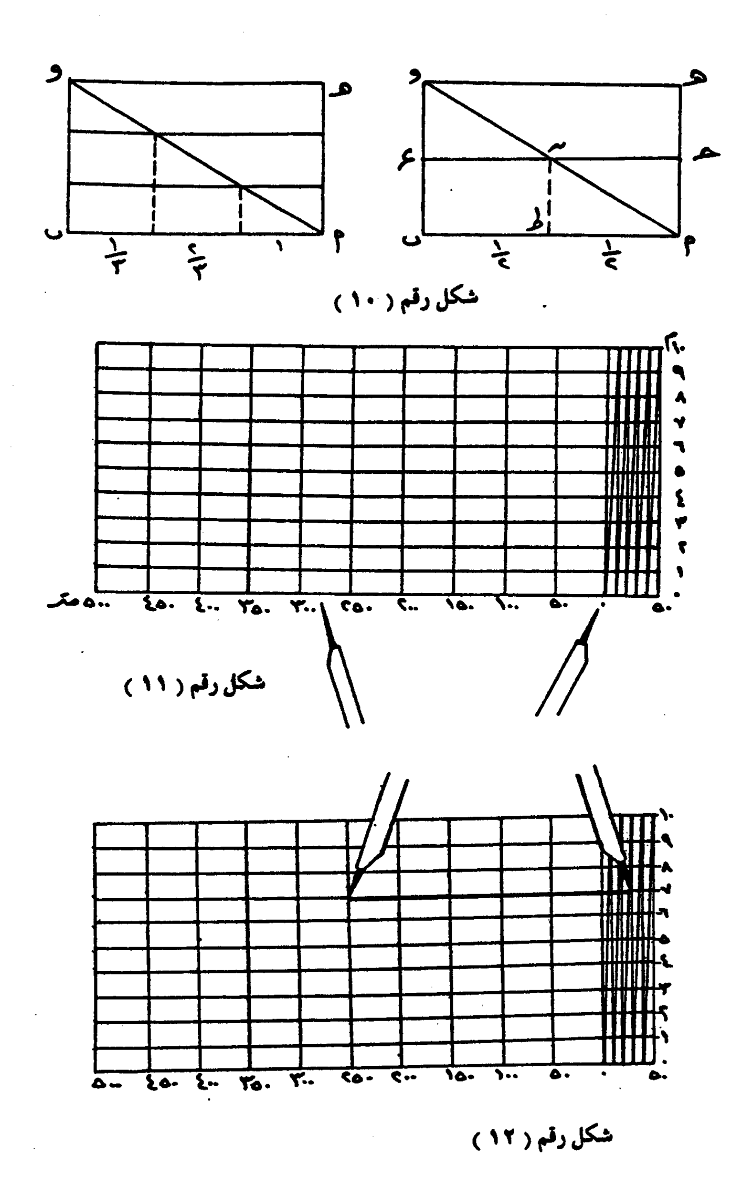
= ١٠ متر / ١ متر = ١٠ خطوط

نقوم برسم ١٠ خطوط أفقية موازية لخط المقياس ( سواء أعلاه أو أسفله) وعلى مسافات متساوية ثابتة ومناسبة ( كل ٤ أو ٥ ملليمترات مثلا) ثم نوصل أقسام المقياس الرئيسية على المقياس الخطي البسيط إلى ما يقابلها على الخط العاشر أما الأقسام الفرعية الموجودة على الوحدة المضافة فتوصل كما في الشكل رقم ( ١١ ) فنحصل بذلك على المقياس الشبكي بالدقة المطلوبة .

**كيفية تعيين أي طول على الخريطة باستعمال المقياس المرسوم عليها :**

لتعيين أي طول على الخريطة باستعمال المقياس المرسوم في أسفلها نأتي بفرجار التقسيم ذي السنين ونفتحه فتحة تساوي هذا الطول بالضبط ونضع سن الفرجار الأيمن على صفر تدريج المقياس الأفقي ، ونلاحظ موضع نقطة تقاطع السن الأيسر مع خط المقياس فنجد أنها تقع بين العددين ٢٥٠ ، ٣٠٠ من الأمتار مثلا كما في شكل (١١) .

فننتقل بسن الفرجار الأيسر إلى نقطة تدريج الـ ٢٥٠ متر ، ونستمر في تحريك الفرجار على هذا النحو حتى يقابل السن الأيمن أي خط من خطوط المقياس الشبكي المائلة ويكون السنان في الوقت نفسه على خط واحد من الخطوط الموازية لخط المقياس الأفقي كما في شكل ( ١٢ ) فنقرا طول البعد المطلوب قياسه من واقع التدريجات المحصورة بين سني الفرجار وواضح من الشكل أنه يساوي٢٧٧ متر ، ويلاحظ أن السن الأيمن للفرجار هو الذي يعين قراءة المقياس الشبكي ، أي أن الوحدات وأجزائها تقرا دائما على يمين صفر تدريج المقياس الأفقي .




شكل رقم ( ١٠ )

شكل رقم ( ١١ )

شكل رقم ( ١٢ )

## ٤. المقياس المقارن : Comparative Scala

يضفي تجريد مقياس الرسم من تعريف الوحدة القياسية التي تلازمه على المقياس صبغة عالمية ، حيث يسهل استخدام الخريطة بين شعوب العالم مهما كانت طبيعة المقاييس التي تستخدمها . غير أن تجريد المقياس الخطي من وحدته القياسية يعتبر أمرا مستحيلا لذلك فإننا نلجأ إلى رسم أكثر من مقياس خطي واحد من الخريطة وهو المعروف باسم المقياس المقارن .

وهو مقياس خطي ينشأ على أساس نسبة ، أو مقياس نسبي واحد ويقيس إلى نوعين من الوحدات ، أي إلى وحدات فرنسية مثلا ( كيلو مترات وأمتار) ووحدات إنجليزية ( في نفس الوقت ) أي أميال ويارات .

ويوجد هذا المقياس في كثير من الخرائط حتى يسهل معرفة الأبعاد عليها بأي من الوحدات الفرنسية أو الإنجليزية ، فمثلا إذا كانت لدينا خريطة بمقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ وأردنا عمل مقياس مقارن لها يقيس إلى كيلو مترات وأميال نجري الآتي :-

نقول : بما أن كل ١٠٠,٠٠٠ وحدة على الطبيعة يقابلها وحدة واحدة على الخريطة

∴ ١٠٠,٠٠٠ سم على الطبيعة يقابلها سم على الخريطة .

وكذلك بما أن كل ١٠٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة يقابلها ١ بوصة على الخريطة .

∴ كل ٦٣٣٦٠ بوصة ( أي ميل) على الطبيعة يقابلها س بوصة على الخريطة .

$$\therefore \text{س} = \frac{٦٣٣٦٠ \times ١}{١٠٠,٠٠٠} = ٠,٦٣٣٦٠$$ بوصة = ٠,٦٣ بوصة تقريبا .

ومعنى هذا أنه على أساس نسبة مقياس رسم الخريطة وهي ١٠٠,٠٠٠/١ يكون :

كل ١ كم في الطبيعة يقابله ١ سم على الخريطة .

كل ١ ميل في الطبيعة يقابله ٠,٦٣ بوصة على الخريطة .

وعندئذ نرسم خطا بأي طول مناسب ونقسمه من أعلى إلى سنتيمترات ونسجل عليه المقياس الكيلومتري ( الفرنسي) ثم نقسمه من أسفل إلى بوصات ونسجل عليه المقياس بالميل ( الإنجليزي) وذلك وفقا للنسب المذكورة أعلاه .

**مثـــال (٥) : حـــول مقيـــاس الكســـر البيـــاني ١ / ١,٠٠٠,٠٠٠ إلـــى مقياس مقارن ، بحيث يقـرأ لكـل ١٠ مـن وحـدات الكيلـومتر والميـل والميل البحري .**

خطوات الحل : بالنسبة للكيلومتر ؛ فهذا المقياس يعني أن :

١سم على الخريطة يمثل ١,٠٠٠,٠٠٠ سم على الطبيعة .

وبذلك يمكن رسم خط ويقسم إلى سنتيمترات يمثل كل منها ١٠كم .

وبالنسبة للميل العادي ( القانوني ) ، فهذا المقياس يعني أن :

١ بوصة على نفس الخريطة تمثل ١,٠٠٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة .

∴ ١ بوصة تمثل ١٥,٧٨ ميل ( لأن الميل = ٦٣٣٦٠ بوصة ) .

وبفرض أن (س) بوصة = ١٠ ميل

$$\therefore (س) = \frac{١٠ \times ١}{١٥,٧٨} = ٠,٦٣ \text{ بوصة}$$

وبذلك يمكن رسم خط أسفل الخط السابق ، ونقسمه إلى وحدات طـول كل منها ٠,٦٣ من البوصة لكي تمثل كل وحدة منها ١٠ ميل ( شـكل رقـم ١٣/ أ ) ، وبالنسبة للميل البحري ؛ فهذا المقياس يعني أن :

١ بوصة على نفس الخريطة تمثل ١,٠٠٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة .

∴ ١ بوصة تمثل ١٣,٧ ميل بحري ( لأن الميل البحـري = ٧٢٩٦٠ بوصة) وبفرض أن (س) بوصة = ١٠ ميل بحري .

$$\therefore (س) = \frac{١٠ \times ١}{١٣,٧} = ٠,٧٣ \text{ بوصة}$$

وبذلك يمكن رسم خط أسفل الخط الممثل للكيلومترات ، ونقسـمه إلـى وحدات طول كل منها ٠,٧٣ من البوصة لكي تمثل كل وحدة منها ١٠ ميـل بحري - كما في ( شكل ١٣/ب ) .

ويمكن تقسيم المقياس المقارن إلى الأنواع التالية .

أ- المقياس الخطي البسيط المقارن .

ب- المقياس الخطي الدقيق المقارن .

جـ - المقياس الشبكي المقارن .

**مثال (٦) : و يوضح طريقة إنشاء المقياس الخطي المقارن بصورة الثلاثة البسيط والدقيق والشبكي ، لخريطة مقياسها ١ : ٩٠٠٠٠**

**( أ ) المقياس الخطي البسيط المقارن :**

✱ بالنسبة للمقياس الكيلومتري :

اسم على الخريطة يقابله ٩٠٠٠٠ سم على الطبيعة

اسم على الخريطة يقابله ٩٠٠ متر على الطبيعة

س سم على الخريطة يقابلها ١٠٠٠ متر على الطبيعة = ١ كيلو متر

∴ س = $\frac{١٠٠٠ \times ١}{٩٠٠}$ = ١,١١ سم

✱ بالنسبة للمقياس الميلي :

١ بوصة على الخريطة يقابلها ٩٠٠٠٠ بوصة على الطبيعة

س بوصة على الخريطة يقابلها ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة =( ١ ميل)

∴ س = $\frac{٦٣٣٦٠ \times ١}{٩٠٠٠٠}$ = ٠,٧٠ سم

نرسم خطا ونقسمه من جهة إلى وحدات كل منها ١,١١ سم لتساوي كل منها كيلومتر واحد على الطبيعة ، ومن الجهة الأخرى نقسمه إلى وحدات كل منها ٠,٧٠ بوصة لتساوي كل منها ميلا واحدا على الطبيعة شكل رقم ( ١٤ ) .

**( ب ) المقياس الخطي الدقيق المقارن .**

نفرض أننا نريد زيادة دقة المقياس الخطي السابق إنشاؤه ليقيس إلى ٢٠٠ متر بالنسبة للمقياس الكيلومتري و ٢٠٠ ياردة بالنسبة للمقياس الميلي .

نلاحظ أنه بالنسبة للمقياس الكيلومتري فليست هناك حاجة للحسابات كل ما في الأمر أنه سنضيف إلى المقياس الخطي وحدة طولها كيلومتر واحد ونقسمها إلى خمسة أقسام متساوية فيصبح كل قسم يساوي ٢٠٠ متر .

أما بالنسبة للمقياس الميلي ، فمن المعروف أن الميل يساوي ١٧٦٠ ياردة . وهذا القدر لا يمكن تقسيمه إلى أقسام متساوية كل منها يساوي ٢٠٠ ياردة ، لذلك نلجأ إلى ما يلي :

(أ)
كيلومتر ١٠٠ ٩٠ ٨٠ ٧٠ ٦٠ ٥٠ ٤٠ ٣٠ ٢٠ ١٠ ٠
ميل عادي ٦٠ ٥٠ ٤٠ ٣٠ ٢٠ ١٠ ٠

(ب)
كيلومتر ١٠٠ ٩٠ ٨٠ ٧٠ ٦٠ ٥٠ ٤٠ ٣٠ ٢٠ ١٠ ٠
ميل بحري ٥٠ ٤٠ ٣٠ ٢٠ ١٠

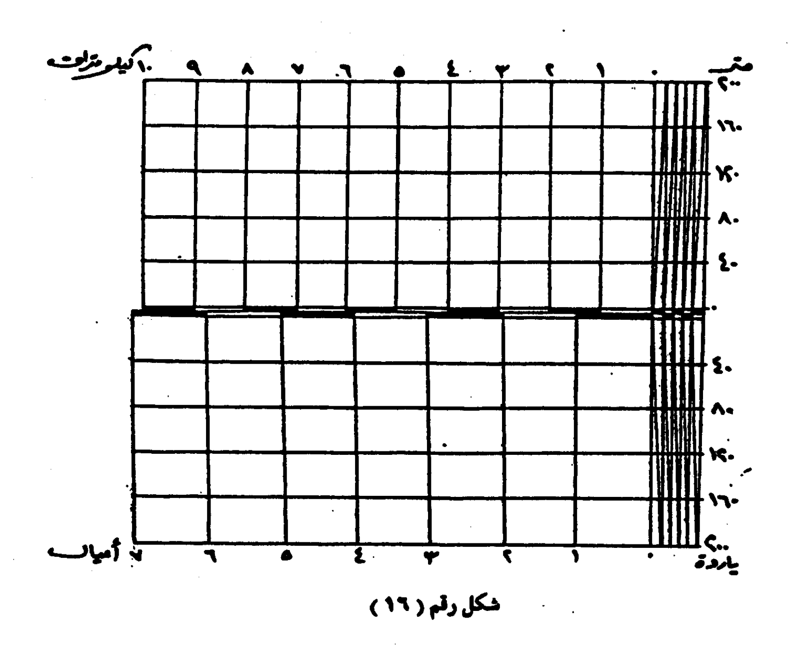
شكل رقم ( ١٣ )

كيلومتر ١٠ ٩ ٨ ٧ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١
ميل ٧ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١

شكل رقم ( ١٤ )

كيلومتر ١٠ ٩ ٨ ٧ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١ ١٠٠٠
ميل ٧ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١ ١٠٠٠

شكل رقم ( ١٥ )




شكل رقم ( ١٦ )

٠,٧٠ بوصة على الخريطة يقابلها ١٧٦٠ ياردة ( ١ ميل ) على الطبيعة .

∴ س بوصة على الخريطة يقابلها ١٠٠٠ ياردة على الطبيعة

$$\therefore \text{س} = \frac{٠,٧٠ \times ١٠٠٠}{١٧٦٠} = ٠,٤ \text{ بوصة تقريبا}$$

وقد تم اختيار ١٠٠٠ ياردة حيث أن الميل لا يمكن تقسيمه إلى أجزاء متساوية صحيحة من الياردات كما هو الحال في الكيلومترات ، فنختار طولا يتقارب مع طول الميل ، وفي هذا المثال اخترنا ١٠٠٠ ياردة حتى يمكن تقسيمها إلى خمسة أقسام يكون كل قسم منها يساوي ٢٠٠ ياردة وهي الدقة المطلوبة ، ثم نرسم وحدة بجوار مقياس الأميال طولها ٠,٤٠ بوصة ونقسمها إلى خمسة أقسام ويصبح المقياس الخطي الدقيق المقارن كما في الشكل رقم (١٥) .

(جـ) المقياس الشبكي المقارن :

بفرض أن الدقة المطلوبة للمقياس المقارن السابق إنشاؤه ، هي ٤٠ مترا للمقياس الكيلومتري و ٤٠ ياردة للمقياس الميلي .

∴ أصغر قسم في المقياسين هو ٢٠٠ ( متر أو ياردة )

∴ عدد الخطوط الأفقية اللازمة لكل مقياس

$$= \frac{٢٠٠}{٤٠} = ٥ \text{ خطوط}$$

نرسم خمس خطوط أفقية على كل جانب من المقياس الخطي المقارن ونقسمها بالطريقة السابق ذكرها فنحصل على المقياس الشبكي المقارن كما في الشكل رقم ( ١٦ ) .

## ٥- المقياس الزمني : Time Scale

وهو يرسم على الخرائط لغرض تقدير المسافات بالزمن ، ويستخدم بصفة خاصة للأغراض العسكرية وفي الخرائط التي يستخدمها الرحالة والمسافرون ، حيث يرسم المقياس الخطي المعتاد للخريطة ، ثم يبين عليه الزمن اللازم لقطع كل وحدة من وحدات المقياس على أساس سرعة أو سرعات معينة ، أو على أساس السرعة المتوسطة للجندي أو الرحالة ، فإذا كانت السرعة المتوسطة مثلا هي ٦كم في الساعة كان معنى هذا أن

المدة التي تلزم لقطع مسافة كيلو متر واحد هي عشرة دقائق وكيلـو متـرين ٢٠ دقيقة ، وهكذا ... ولإيضاح ذلك نذكر الآتي :-

خريطة مقياس رسمها ١ : ٥٠,٠٠٠ والمطلوب عمل مقياس زمني لها على أساس سرعة متوسطة مقدارها ٦ كم في الساعة .

ولعمل هذا المقياس يرسم المقياس الخطي العـادي ونكتـب الوحـدات الكيلومترية في أعلاه وما يقابلها من وحدات زمنية في أسفله .

هذا ومما يجدر ذكرة أن مقياس رسم الخريطة قد يكون صحيحا في كل أجزائها أو يكون صحيحا على امتداد خط عرض معين – وذلك في خـرائط العالم بصفة خاصة – ومبالغ في باقي أجزائها فيه ، أي أنه غير صحيح على خطوط العرض الأخرى ، وتبعا للمسقط الذي رسمت على أساسه الخريطة . ولهذا السبب نجد في خرائط العالم التي يختلف فيها مقياس الرسم بـين خـط عرض وآخر – كالخرائط المرسومة على مسقط مركيتور مثلا – أن مقياسـا خطيا يرسم لكل عدد معين من درجات العرض ، كذلك مما يجدر تسجيله أنه يجب عند اختيار مقياس رسم الخريطة أن يراعى مقدار ما تحتويه الخريطـة من بيانات وتفاصيل ، بمعنى أنه إذا كانت البيانات التي ستشـملها الخريطـة تفصيليه ومتعددة وجب أن ترسم الخريطة بمقياس رسم كبيـر لإيضـاحها ، مثالها خرائط المدن والخرائط التفصيليه والطبوغرافية . أما إذا كانت البيانات عامة وقليلة كان من الممكن اختيار مقياس رسم صغير للخريطة

هذا ومن البديهي أيضا أن اختيار مقياس الرسم يتوقف علـى مسـاحة اللوحة التي سترسم بها الخريطة بالنسبة لمساحة المنطقة التي ستمثلها .

## * اختيار مقياس رسم مناسب :

يتحدد مقياس الرسم تبعا لأبعاد ورق الرسم المستعمل ، وكـذلك أبعـاد المنطقة المطلوب رسم خريطة لها ، ويراعي ترك مسافة مناسبة علـى كـل جانب من جوانب ورقة الرسم تتراوح بين ٢ ، ٥ سم طبقا لاتساع الورقـة ، فكلما زادت مساحة ورقة الرسم كلما زادت أيضا المسافة الهامشية بين إطـار الخريطة وحافة الورق المستخدم . ويجب أن يكون أطول بعد للورقـة فـي اتجاه طول الخريطة .

ويحسب مقياس رسم للطول وآخر للعرض ويؤخذ أصغرهما بعد تقريبه إلى مقاييس الرسم الشائعة .

فإذا فرضنا أن لدينا لوحة من الورق أبعادها ٦٠ × ٨٠ سم ، يراد توقيع منطقة عليها ، أبعادها ٢١,٦ × ١٢,٦ كيلومتر .

(أ) يترك هامش قدرة حوالي ٢ سم من كل جانب على لوحة الورق فيصبح صافي أبعاد ورقة الرسم ( التي ستوقع داخلها الخريطة المطلوبة ) ٥٦ × ٧٦ سم .

(ب) يكون المقياس الطولي للخريطة :

$$= \frac{٧٦}{٢١,٦ \times ١٠٠ \ ٠٠٠} = \frac{١}{٢٨٤٢١} \text{ ( تهمل الكسور )}$$

والمقياس العرضي للخريطة :

$$= \frac{٥٦}{١٢,٦ \times ١٠٠ \ ٠٠٠} = \frac{١}{٢٢٥٠٠}$$

(جـ) من الوجهة النظرية يكون المقياس ١ : ٢٨٤٢١ هو مقياس الرسم الذي يسمح ببيان خريطة المنطقة في فراغ ورقة الرسم . ولكنه مقياس غير شائع الاستعمال ، فضلا عن أنه متعب في توقيع الأبعاد ، لذلك يؤخذ أقرب المقاييس إليه وهو ١ : ٣٠٠٠٠ .

$$\text{فيكون طول الخريطة} = \frac{٢١,٦ \times ١٠٠٠٠٠ \times ١}{٣٠٠٠٠} = ٧٢ \text{ سم}$$

$$\text{عرض الخريطة} = \frac{١٢,٦ \times ١٠٠٠٠٠ \times ١}{٣٠٠٠٠} = ٤٢ \text{ سم}$$

## * إيجاد مقياس رسم خريطة مجهولة المقياس :

إذا كانت لدينا خريطة مقياس رسمها مجهول وأردنا معرفته أمكننا ذلك عن طريقين :

١ - نأتي بخريطة لنفس المنطقة ومعلوم مقياس رسمها ثم نأخذ بعدا بين موقعين مبينين على الخريطتين ونقيسه عليهما ونحسب النسبة بين طول البعدين على الخريطتين ومن هذه النسبة ومن مقياس رسم الخريطة معلومة المقياس يمكن إيجاد مقياس رسم الخريطة المجهولة المقياس إذا طبقنا المعادلة الآتية :

مقياس رسم الخريطة مجهولة المقياس = $\frac{أ}{ب}$ × م ............ حيث

أ = طول البعد على الخريطة مجهولة المقياس .

ب = طول البعد على الخريطة معلومة المقياس .

جـ = مقياس رسم الخريطة معلومة المقياس .

فإذا فرض أن لدينا خريطة مقياس رسمها مجهـول ، وأردنـا تحديـد مقياس رسمها . وبالبحث عن خريطة تمثل نفس المنطقة ، وجـدنا خريطـة بمقياس رسم ١ : ٣٠٠٠٠ ، قيس البعد بـين هـدفين مـوقعين علـى كـلا الخريطتين ، فكان طوله على الخريطة مجهولة المقيـاس ١٥ سـم وعلـى الخريطة المعلومة ١٨ سم .

∴ مقياس رسم الخريطة مجهولة المقياس =

$$\frac{١٥}{١٨} \times \frac{١}{٣٠٠٠٠} = \frac{١}{٢٥٠٠٠}$$

٢- يمكن قياس البعد على الطبيعة بين ظاهرتين موجـودتين فعـلا علـى الخريطة ، ثم بمقارنة البعد على الطبيعة بالبعد على الخريطة يمكن حسـاب مقياس الرسم .

# تمارين محلوله على مقياس الرسم

**مثال (٧) : المطلوب رسم مقياس خطي يقيس إلـى كيلـومترات لخريطـة مقياسها ١ : ٢٠٠٠٠٠ .**

طريقة الإجابة :

مقياس الخريطة النسبي أو الكسري يذكر دائما بوحدة واحدة ، ومعنـى ذلك أن مقياس رسم هذه الخريطة هو اسم مقابل ٢٠٠٠٠٠ سم على الطبيعـة ، أو متر واحد يقابله ٢٠٠٠٠٠ متـر علـى الطبيعـة أو ١ بوصـة لكـل ٢٠٠٠٠٠ بوصة .

ولما كان المطلوب رسم مقياس خطي يقيس إلى كيلـومترات فنجـرى العمل على النحو التالي :

١ سم على الخريطة يقابله ٢٠٠٠٠٠ سم على الطبيعة

أي أن ا سم على الخريطة يقابلها ٢٠٠٠ متر على الطبيعة

أو ١ سم على الخريطة يقابلها ٢ كيلو متر على الطبيعة

نرسم طول مناسب ونقسمه إلى عدة سنتيمترات وبعد التقسيم تكتب عليه الأطوال الدالة عليها في الطبيعة مباشرة شكل رقم (١٧) .

**مثال (٨) : المطلوب رسم مقياس خطي يقيس على كيلو متـرات لخريطـة مقياسها ١ : ٤٥٠٠٠٠**

**طريقة الإجابة .**

١سم على الخريطة يقابله ٤٥٠٠٠٠ سم على الطبيعة

أي أن ١ سم على الخريطة يقابلها ٤٥٠٠ متر على الطبيعة

أو ١ سم على الخريطة يقابلها ٤,٥ كيلو متر على الطبيعة

∴ س سم على الخريطة يقابلها ٥,٠٠ كيلو متر على الطبيعة

∴ س سم = (١ × ٥ كيلو متر) / (٤,٥ كيلو متر) = ١,١١ سم تقريبا

أي أن ١,١١ سم على الخريطة يقابلها ٥ كيلـومتر علـى الطبيعـة ، إلا أنه من الصعب رسم وحدة طولها ١,١١ سم – ليقابلها ٥كيلومتر – بدقـة لأنه لا يمكن تقسيم السنتيمتر إلى مائة قسم حتى يمكن تحديد الجزء المطلوب وهو ٠,٠١ سم . وللتغلب على هذه العقبة تضاعف طول الوحـدة المطلوبـة بالطريقة الآتية :

١,١١ سم = ٥ كيلو متر ......................... ( بضربهما × ١٠ )

∴ ١١,١ سم = ٥٠ كيلو متر .

ثم نقوم برسم خط طوله ١١,١ سم فيساوي ٥٠ كيلومتر.

ولتقسيم هذا الخط إلى عشرة أقسام متساوية ، نستخدم إحدى الطريقتين السابق ذكرهما ، وبعد تقسيم خط المقياس إلى أقســام متســاوية طــول كــل منها = ١,١١ ، يكتب عليه الأطوال الدالة عليها في الطبيعة مباشرة ، وهــي ٥ كيلومتر (شكل رقم ١٨) .

**مثال رقم (٩) : إذا كان طول الطريق الزراعي بين دمنهور وطنطـا علـى خريطة ما يبلغ ١٢,٦ سم فما مقياس رسم هذه الخريطة ، علما بأن طـول هذا الطريق ٦٣ كيلو مترا مع رسم مقياسا خطيا لهذه الخريطة يقيس إلـى كيلومتر واحد .**

**طريقة الإجابة :**

١ – لمعرفة مقياس رسم الخريطة

طول الطريق الزراعي على الخريطة ١٢,٦سم وعلى الطبيعة ٦٣ كيلـومترا أي أن كل ١ سم على الخريطة يقابله $\frac{٦٣}{١٢,٦}$ = ٥ كيلـو متـر علـى الطبيعة

فيكون مقياس رسم الخريطة هو ١ سم لكل ٥ كيلو مترات

ولما كان مقياس الرسم يذكر طرفيه بوحدة واحدة .

فيكون مقياس رسم هذه الخريطة هو ١ سم لكل ٥٠٠٠٠٠ سم

ويمكن كتابة هذا المقياس على هيئة مقياس كسري $\frac{١}{٥٠٠٠٠٠}$

٢- رسم المقياس الخطي المطلوب :

نرسم خطا أفقيا طوله ٦ سم ونقسمه إلى أقسام كل منها يساوي ١ سم . وبما أن مقياس الرسم هو اسم لكل ٥ كيلو مترات ، فنكتب على أقسـام هـذا الخط الطول بالكيلومترات مباشرة بداية من نهاية القسم الأول بـرقم صـفر ثم الثاني برقم ٥ ثم الثالث برقم ١٠ ثم الرابع برقم ١٥ ثـم الخـامس بـرقم ٢٠ ، والسادس برقم ٢٥ كما في الشكل رقم (١٩) .

ولبيان الدقة المطلوبة بالمقياس وهي ١ كيلومتر ، نقسـم القسـم الأول وطوله ا سم ( أي ١٠ ملليمترات ) إلى خمسـة أقسـام طـول كـل منهـا ملليمترين ، فتساوي ١ كيلومتر وهي الدقة المطلوبـة ، ثـم نبـدأ بتـرقيم هذا الجزء ابتداء من الصفر السابق كتابته وفـي الاتجـاه المضـاد وتكتـب ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ كيلومترات .

**مثال (١٠) : ارسم مقياسا مقارنا يقيس إلى أميال وكيلو متـرات لخريطـة مقياسها ١ : ١٣٠٠٠٠ .**

طريقة الإجابة :

المقياس المقارن الذي يقيس إلى أميال وكيلو مترات أو كسورهما عبارة عن خطين منطبقين على بعضهما ، الأقسام العليا للخط تبين الكيلو متـرات ( مثلا ) والأقسام السفلى تبين الأميال أو العكس .

فلرسم المقياس الخطي الكيلومتري :

اسم على الخريطة يقابل ١٣٠٠٠٠ سم على الطبيعة .

∴ ١ سم على الخريطة يقابل ١,٣ كيلومتر على الطبيعة

∴ س سم على الخريطة يقابل ١,٠٠ كيلومتر على الطبيعة

∴ س سم = $\frac{١ \times ١}{١,٣}$ = ٠,٧٧ ( تقريبا )

أي أن كل ٠,٧٧ سم على الخريطة يقابل كيلو متر واحد على الطبيعة ولعدم إمكان تحديد ٠,٠٧ على المقياس يمكن أن نضرب ٠,٧٧ × ١٠ = ٧,٧سم ثم نقوم بتقسيم الخط الناتج وطوله ٧,٧ إلى عشرة أقسام بأي طريقة من الطرق سالفة الذكر ، فيكون كل قسم = ٠,٧٧ ثم يكتب عليه أرقام من صفر إلى نهايته ( شكل رقم ٢٠ ) .

ولرسم مقياس الأميال الخطي :

كل ١ بوصة على الخريطة = ١٣٠٠٠٠ بوصة على الطبيعة .

∴ س بوصة على الخريطة = ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة = ١ ميل

∴ س بوصة = $\frac{١ \times ٦٣٣٦٠}{١٣٠٠٠٠}$ = ٠,٤٩ بوصة ( تقريبا )

أي أن كل ٠,٤٩ بوصة على الخريطة تقابل ميلا واحدا على الطبيعة ، فنقوم بتقسيم الناحية المقابلة للمقياس الكيلو متري إلى أقسام كل منها = ٠,٤٩ بوصة مع مراعاة أن يبدأ التقسيم من نقطة الصفر التي بدانا منها تقسيم المقياس الكيلومتري ويكتب على هذه الأقسام الطول المقابل لها بالميل كما في الشكل( رقم ٢٠) .

مثال (١١) : قطعت سفينة مسافة ما كان طولها على خريطة مقياسها غير معروف ٢٧,٠٠ سم في ٢٢,٥ ساعة ، علما بأنها تسير بسرعة منتظمة ٣٠ كيلومتر في الساعة ، والمطلوب معرفة مقياس رسم الخريطة ورسم مقياس شبكي لها يقيس إلى ٥٠٠ متر .

طريقة الإجابة :

المسافة التي قطعتها السفينة = ٣٠ × ٢٢,٥ ساعة = ٦٧٥ كم

( مقدار ما تقطعه السفينة في الساعة مضروبا في عدد الساعات )

∴ ٢٧,٠٠ سم على الخريطة يقابل ٦٧٥ كيلومتر على الطبيعة

∴ ١ سم على الخريطة يقابل س كيلومتر على الطبيعة

∴ س = $\frac{١ \times ٦٧٥كم}{٢٧,٠٠}$ = ٢٥ كم

أي أن مقياس رسم هذه الخريطة النسبي هو ١ : ٢٥٠٠٠٠٠ ولرسم المقياس الشبكي لهذه الخريطة نجرى الآتي .

نرسم خط أفقي بطول مناسب ونقسمه إلى عدة سنتيمترات ونبدأ ترقيم السنتيمترات من بداية السنتيمتر الأول برقم الصفر ثم بعد ذلك كل ٢٥ كم .

ولبيان المقياس الشبكي نأخذ وحدة من المقياس الخطي طولها ١ سم ونقسمها إلى ٥ أقسام متساوية .

فيكون طول كل قسم منها = $\frac{\text{٢٥ كم}}{\text{٥}}$ = ٥ كم

ولمعرفة عدد الخطوط الأفقية = $\frac{\text{دقة أصغر قسم في المقياس}}{\text{الدقة المطلوبة}}$

∴ $\frac{\text{٥ كم}}{\text{٥٠٠ متر}}$ = ١٠ خطوط

فيرسم عشرة خطوط أفقية موازية لخط المقياس ( سواء أعلاه أو أسفله ) وعلى مسافات ثابتة مناسبة ( كل ٤ أو ٥ ملليمترات مثلا ) ثم توصل أقسام المقياس الرئيسية ( الكيلومترات ) إلى ما يقابلها على الخط العاشر ، أما الأقسام الفرعية التي تبين أقسام الكيلومتر فتوصل كما في الشكل رقم (٢١) ، فينتج بذلك المقياس الشبكي بالدقة المطلوبة .

**مثال (١٢) : صمم مقياسا شبكيا مقارنا يقيس إلى أميال وكيلومترات لخريطة مقياس رسمها ١ : ٨٥٠٠٠ مع دقة تصل على ٥٠ مترا و ٥٠ ياردة .**

**طريقة الإجابة :**

هذا المقياس عبارة عن مقياسين مرسومين على خط واحد الأعلى يقيس إلى كيلو مترات وأمتار والأسفل يقيس إلى أميال وياردات . كما أن هذين المقياسين شبكيان نظرا لصغر الدقة المطلوبة ، كما يجب أن يبدأ صفر تدريج المقياسين من نقطة واحدة .

فبالنسبة للمقياس الخطي الكيلومتري :

١ سم على الخريطة = ٨٥٠٠٠ سم على الطبيعة

أي أن ١ سم على الخريطة = ٨٥٠ مترا على الطبيعة

∴ س سم على الخريطة = ١٠٠٠ متر على الطبيعة

$$\therefore س = \frac{١٠٠٠ \times ١}{٨٥٠} = ١,١٨ \text{ سم}$$

نقوم برسم خط وتقسيمه إلى وحدات طول كل منها ١,١٨ سم أي واحد كيلومتر ، ثم نضيف وحدة على يمين المقياس طولها أيضا ١,١٨ تمثل كيلومتر واحد ثم نقسمها إلى أربعة أقسام مثلا ، فيكون طول كل قسم .

$$= \frac{١٠٠٠}{٤} = ٢٥٠ \text{ مترا}$$

$$\text{ويكون عدد الخطوط الأفقية} = \frac{\text{دقة أصغر قسم في المقياس}}{\text{الدقة المطلوبة}}$$

$$= \frac{٢٥٠}{٥٠} = ٥ \text{ خطوط .}$$

ثم يرسم المقياس الكيلومتري كما في الشكل رقم (٢١) .

وبالنسبة للمقياس الميلي الخطي :

١ بوصة على الخريطة = ٨٥٠٠٠ بوصة على الطبيعة

∴ س بوصة على الخريطة = ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة ( = ١ ميل )

$$\therefore س = \frac{٦٣٣٦٠ \times ١}{٨٥٠٠٠} = ٠,٧٥ \text{ بوصة ( تقريبا )}$$

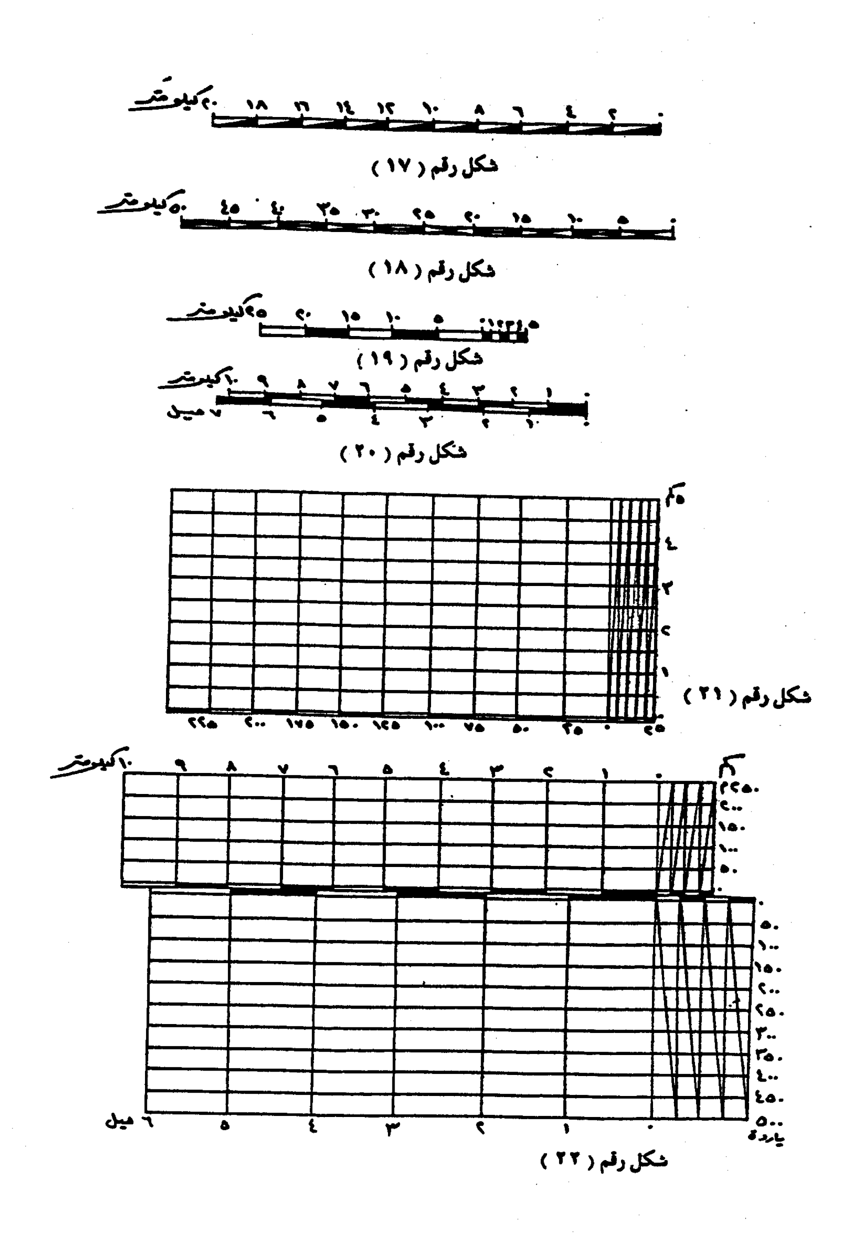
أي أن ٠,٧٥ بوصة على الخريطة يقابلها ميل واحد على الطبيعة ولتصميم المقياس الشبكي لقياس ٥٠ ياردة .

٠,٧٥ بوصة = ١ ميل = ١٧٦٠ ياردة

$$\therefore س \text{ بوصة} = ٢٠٠٠ \text{ ياردة} \quad \therefore س = \frac{٢٠٠٠ \times ٠,٧٥}{١٧٦٠} = ٠,٨٥ \text{ بوصة}$$

وقد تم اختيار ٢٠٠٠ ياردة ، حيث أن الميل لا يمكن تقسيمه إلى أجزاء متساوية صحيحة ، فيختار طول يقارب من طول الميل ( ١٥٠٠ أو ٢٠٠٠ ياردة ) وفي هذا المثال اختير ٢٠٠٠ ياردة .

ثم نرسم وحدة بجوار مقياس الأميال طولها ٠,٨٥ بوصة ، وبالطبع لا يمكن تقسيم هذه الوحدة إلى ٤٠ قسما ليكون طول القسم = ٥٠ ياردة وهي الدقة المطلوبة ، ولكن من الممكن تقسيم هذه الوحدة إلى أقسام واضحة عددها ٤ مثلا فيكون طول كل منها .




شكل رقم ( ١٧ )

شكل رقم ( ١٨ )

شكل رقم ( ١٩ )

شكل رقم ( ٢٠ )

شكل رقم ( ٢١ )

شكل رقم ( ٢٢ )

$= \frac{٢٠٠٠}{٤} =$ ٥٠٠ ياردة .

∴ عدد الخطوط الأفقية $= \frac{٥٠٠}{٥٠} =$ ١٠ خطوط

ثم يرسم المقياس الشبكي كما في الشكل رقم (٢٢) .

وعند الرسم ستقابلنا بعض المشكلات منها أنه لا يمكن رسم قسم طوله ٠,٢١ بوصة بدقة فائقة ولذلك فيمكننا تقسيم الخط الناتج إلى أقسام متساوية ، كما سبق أن أوضحنا عن طريق الخط المساعد أو الأعمدة المتبادلة ، كما يراعى عند الرسم أن المقياسين منطبقان ويبدآن من نقطة واحدة هي نقطة الصفر ، ويكون الترقيم من الجهتين العليا والسفلى للمقياس .

## تمارين على مقاييس الرسم

١- رتب كل مجموعة من هذه المقاييس من الأصغر إلى الأكبر :

| أ | ب | جـ |
|---|---|---|
| ١ : ٥٠٠٠٠ | ١ : ٣٠٠٠٠ | ١ : ٥٠٠٠ |
| ١ : ١٠٠٠٠ | ١ : ١٠٠٠٠٠ | ١ : ٦٠٠٠ |
| ١ : ٤٥٠٠٠٠٠ | ١ : ٦٥٠٠٠٠٠ | ١ : ٧٥٠٠ |
| سنتيمتر لكل ٤ كم | سنتيمتر لكل ٢,٥ كم | سنتيمتر لكل ٣,٥ كم |
| بوصة لكل ٦ ميل | بوصة لكل ١٠ ميل | بوصة لكل ٧ ميل |

٢- ارسم مقياس خطي كيلو متري للمقياس ١/٣٥٠٠٠٠ .

٣- ارسم مقياس خطي ميلي للمقياس ١/٦٣٣٦٠٠ .

٤- حول المقياس ١/٥٠٠٠٠٠ إلى مقياس خطي ، بحيث يقيس لكل ٤ كم .

٥- حول المقياس ١/٢٦٣٤٠٠ إلى مقياس خطي ميلي .

٦- ارسم مقياس خطي كيلومتري من المقياس : بوصة لكل ميل .

٧- ارسم مقياسا خطيا لخريطة رسمت بنسبة ١,٥ بوصة للميل يقيس إلى كيلومترات وأجزائها .

٨- خريطة رسمت بمقياس ١ : ٥٠٠٠٠ ثم كبرت الضعف أرسم مقياسا خطيا للخريطة المكبرة يقيس إلى أميال وأجزائها .

٩- خريطة مستطيلة الشكل طولها ٦٠ سم وعرضها ٤٠ سم تمثل منطقة مساحتها ٢٦٦٠٠ كيلومترا مربعا – ارسم مقياسا خطيا مقارنا لها يقيس إلى كيلومترات وأميال .

١٠- ارسم مقياسا شبكيا يقيس إلى عشرة أمتار لخريطة رسمت بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠٠٠ .

١١- ارسم مقياسا خطيا يقيس إلى مائة ياردة ومضاعفاتها لخريطة رسمت بمقياس ٥ بوصة للميل .

١٢- خريطة مقياس رسمها ١ : ١٢٦٧٢ صغرت إلى النصف ارسم مقياسا شبكيا للخريطة المصغرة يقيس حتى ٢٠٠ ياردة .

١٣- سيارة تسير بسرعة ٥٠ ميلا في الساعة قطعت طريقا بين نقطتين في دقيقتين وثلاثة عشرة ثانية ، فإذا كان طول هذا البعد على خريطة ما يساوي ٨,٠٠ سم فما مقدار المقياس الكسري لهذه الخريطة ، ارسم مقياسا خطيا لها يقيس إلى كيلومترات وأجزائها .

١٤- صمم مقياسا خطيا يقيس إلى مائة ياردة لخريطة مقياسها الكتابي ٥ بوصة للميل الواحد .

١٥- لوحة مقياس رسمها بوصة لكل ياردة ، ارسم مقياسا شبكيا لها يقيس إلى ياردات وأقدام وبوصات ، ثم عين بهذا المقياس بعدا قدره ياردة وثلاثة أقدام وستة بوصات .

١٦- ارسم مقياسا شبكيا يقيس إلى $\frac{١}{١٠٠}$ من القدم بنسبة قدم لكل بوصة .

١٧- خريطة مقياسها $\frac{١}{٤}$ بوصة للميل ، ارسم مقياسا خطيا لها يقيس إلى الميل ونصفه وربعه .

١٨- لوحة مقياس رسمها $\frac{١}{٨٠٠٠٠}$ ارسم لها مقياسا شبكيا ، مقارنا بحيث يقيس إلى الكيلومتر وأجزائه ( ١٠٠ متر ) والميل وأجزائه ( ٢٠٠ ياردة ) .

١٩- ارسم تصميما لحجرة أبعادها ٩ ياردات × ١٠ ياردات وقدمين ، وذلك بمقياس رسم بوصة لكل سبعة أقدام مع رسم مقياس خطي واذكر كسره البياني.

٢٠- رحلة تسير بسرعة منتظمة قدرها ٧,٥ كم في الساعة – قامت من نقطة معينة متجهة نحو الشمال وسارت لمدة ساعة ونصف ، ثم انحرفت نحو الشمال الشرقي وسارت لمدة ساعة ، ثم انحرفت نحو الجنوب وسارت لمدة نصف ساعة ، ثم تحولت إلى الجنوب الشرقي وسارت لمدة ثلث ساعة ، ثم اتجهت غربا وسارت مدة ساعة ونصف – عين بالرسم خط سير الرحلة وأوجد طول المسافة بين النقطة التي بدأت منها والتي انتهت إليها واحسب المدة التي تلزم لقطعها ، وارسم مقياسا خطيا للشكل الذي يمثل خط سير الرحلة .

# الفصل الثاني

# طرق إيجاد المساحات من الخرائط

**مقدمة :**

**أولاً : الطرق الحسابية أو الهندسية .**

**ثانياً : مساحة الأشكال غير المنتظمة والمحددة بخطوط مستقيمة .**

**ثالثا : مساحة الأشكال غير المنتظمة المحددة بمنحنيات .**

**رابعا : مساحة الأشكال ذات الحدود المتعرجة .**

**خامسا : الطرق الالية لإيجاد المساحات .**

- البلانيمتر ذو القطب .
- البلانيمتر حر الحركة .

## مقدمة :

بعد رفع الأرض وعمل الخريطة اللازمة لها يطلب من المهندس حساب المساحات المبينة بها حتى يمكن تحديد الملكيات الزراعية والعقارية بالضبط ، ويتم هذا عادة من الخريطة مباشرة أي من المعلومات المجموعة في الغيط بعدة طرق ، ومن البديهي أن المساحة المحسوبة بهذه الطرق لا تمثل مساحة سطح الأرض بل تمثل مساحة المسقط الأفقي للأرض وهو المعطى بالخريطة ، وقد تكون مساحة سطح الأرض الحقيقية أكثر من ذلك بكثير لو كانت الأرض منحدرة انحدارا كبيرا ،كما هو الحال في سفوح التلال وغيرها .

وتتوقف دقة نتائج المساحات ومطابقتها للطبيعة على دقة القياس سواء أكانت هذه القياسات زوايا أو أطوال ، وكذلك الدقة في توقيع الرسم ، والطريقة المستخدمة في حساب المسطح الأرضي .

وتوجد عدة طرق لحساب المساحات منها :

### ١- الطريقة الحسابية أو الهندسية :

وفيها تقسم الأرض إما على الطبيعة أو الخريطة إلى أشكال منتظمة مثل المثلثات أو المستطيلات ... وهكذا ، حتى يمكن تطبيق قوانين الأشكال المنتظمة وتختلف طرق تقدير المساحات من الخرائط حسابيا باختلاف شكل المنطقة حيث تنقسم إلى .

أ- أشكال هندسية ( منتظمة )

ب- الأشكال غير المنتظمة والمحددة بخطوط مستقيمة .

جـ- أشكال غير المنتظمة والمحددة بمنحنيات .

د- أشكال غير منتظمة ومحددة بخطوط متعرجة .

### ٢- الطرق الميكانيكية :

وهذه الطرق تعتمد على استخدام أجهزة معينة في حساب المساحات المختلفة من الخرائط مباشرة مثل مسطرة التفدين ، والبلانيمتر العادي ، والبلانيمتر الرقمي .

من السهل أثناء حساب مساحة أي أرض عمل أخطاء حسابية قد تؤدي إلى نتائج خاطئة ، ولذا فمن المستحسن دائما حساب المساحة على الأقل مرتين بطريقتين مختلفتين ، ولو كانت الطريقتان متكافئتان ، مثلا

كلتاهما تخطيطية أو كلتاهما حسابية ، فيؤخذ في هذه الحالة متوسط النتيجتين ، أما لو كانت إحدى الطرق أدق من الأخرى فتستخدم الطريقة الأقل دقة للتحقيق فقط .

وعند حساب مساحة قطع ملكيات متجاورة نقوم بحساب مساحة كل قطعة على حدة ثم نجرى ما نسميه بالمساحة الإجمالية ، وهو حساب مساحة القطع كلها كما لو كانت قطعة واحدة ، ويجب أن تساوي هذه المساحة الإجمالية مجموع المساحات كلها . فإن كان هناك أي فرق يوزع على المساحات المختلفة بنسبة كل قطعة للمجموع الكلي .

ونلاحظ أيضا أن دقة الحساب تعتمد على دقة الأرصاد ، ويجب أن تتناسب الدقة المطلوبة في الحساب مع دقة الرصد ، فلا قيمة مثلا لأخذ الأرصاد في الطبيعة بدقة السنتيمتر إذا كنا سنقرب هذه القيمة للديسيمتر أثناء الحساب . ولا قيمة لأخذ الأرصاد حتى بدقة الديسيمتر لو كنا سنحسب بالطرق التقريبية ، وهكذا وحدات المساحات :

الفدان = ٢٤ قيراطا = ٤٢٠٠,٨٣ مترا مربعا = $\frac{١٠٠٠}{٣}$ قصبة مربعة

القيراط = ٢٤ سهما = ١٧٥,٠٣٤٧ مترا مربعا

السهم = ٧,٢٩٣ مترا مربعا

المتر المربع = ١٠,٧٦٤ قدما مربعا .

البوصة المربعة = ٦,٤٥٢ سم$^{٢}$

الذراع المعماري المربع = ( ٧٥ × ٧٥ سم ) = ٠,٥٦٢٥ مترا مربعا

الذراع البلدي المربع = ( ٥٨ × ٥٨سم ) = ٠,٣٣٦٤ مترا مربعا

القصبة المربعة = ( ٣,٥٥ × ٣,٥٥ متر ) = ١٢,٦٠٣٥ مترا مربعا

## أولا : الطرق الحسابية أو الهندسية :

- الأشكال الهندسية : وهي الأشكال المعروفة التي تحسب مساحتها باستخدام القوانين الرياضية المتعارف عليها ومنها :

* مساحة المثلث معلوم فيه القاعدة والارتفاع = (١ /٢ ) القاعدة × الارتفاع

* مساحة المثلث معلوم فيه ضلعان وزاوية محصورة بينهما = نصف حاصل ضرب طولي الضلعين × جيب الزاوية المحصورة بينهما .

* مساحة المثلث معلوم أطوال أضلاعه الثلاثة :

= $\sqrt{ح(ح-أ)(ح-ب)(ح-جـ)}$ .......... حيث

أ = طول الضلع الأول

بَ = طول الضلع الثاني

جـَ= طول الضلع الثالث

ح= نصف مجموع أطوال الأضلاع

* مساحة المربع = طول الضلع × نفسه

* مساحة المستطيل = الطول × العرض

* مساحة متوازي الأضلاع = القاعدة × الارتفاع

* مساحة المعين = نصف حاصل ضرب طولي القطرين .

* مساحة شبه المنحرف = نصف القاعدة × الارتفاع .

* مساحة أي شكل رباعي = نصف حاصل ضرب القطرين × جيب الزاوية بينهما .

* مساحة الدائرة = ط نق$^{٢}$

* مساحة القطاع الدائري = $\frac{هـ}{٣٦٠}$ × ط نق$^{٢}$ ........... حيث

( هـ° : الزاوية المحصورة بين نصفي القطر المحددين للقطاع )

* مساحة القطعة الدائرية = $\frac{١}{٢}$ نق$^{٢}$ ( هـ - جا هـ° ) .... حيث

هـ الزاوية بالتقدير الدائري وهو نسبة بين طول القوس الذي يقابل الزاوية والمقطوع من دائرة مركزها هذه الزاوية وبين نصف القطر لهذه الدائرة ، أما هـ° فهي الزاوية بالتقسيم الستيني وهو تقسيم الدائرة إلى ٣٦٠° وكل درجة مقسمة إلى ٦٠ دقيقة وكل دقيقة مقسمة إلى ٦٠ ثانية .

* مساحة القطع المكافئ = $\frac{٢}{٣}$ القاعدة × الارتفاع

* مساحة القطع الناقص = $\frac{١}{٤}$ ط × القطر الأصغر × القطر الأكبر .

* مساحة أي شكل منتظم عدد أضلاعه ن =

$\frac{١}{٤}$ × ن × س$^{٢}$ ظا [ ٩٠° - $\frac{١٨٠°}{ن}$ ] ..... أو

$= \frac{١}{٤} \times \text{ن} \times \text{س}^{٢}$ ظتا $[\frac{١٨٠^\circ}{\text{ن}}]$ ...... حيث

س هي طول الضلع في الشكل المنتظم .

ن هي عدد أضلاع الشكل المنتظم .

## ثانيا : مساحة الأشكال غير المنتظمة والمحددة بخطوط مستقيمة

ويقصد بها المناطق المحددة بخطوط مستقيمة ولكنها لا تكون منتظمة الشكل أو هندسية كالتي سبق ذكرها ، ويمكن حساب مساحة مثل هذه المناطق إما عن طريق تقسيمها إلى مثلثات أو أشباه منحرفات أو كليهما معا .

### ١- *التقسيم إلى مثلثات* :

في هذه الطريقة يتم تقسيم المنطقة المطلوب إيجاد مساحتها في الحقل مباشرة إلى مثلثات عن طريق الشريط وأدوات القياس الطولية ، وبذلك يتم تقدير مساحتها بكل دقة ، كما يمكن الاستعانة بخريطة للمنطقة ذات مقياس رسم معلوم وتقسيم إلى مثلثات تمكن من تقدير مساحة المنطقة عن طريق جمع مساحة هذه المثلثات ، وبضرب المساحة الناتجة في مربع مقياس الرسم بعد تحويله إلى أمتار وكيلو مترات تنتج المساحة على الطبيعة مباشرة .

ويتم تقسيم الشكل إلى مثلثات عن طريق توصيل رؤوس حدود المنطقة ببعضها أو اختيار نقطة مركزية داخل المنطقة ورسم أشعة منها إلى أركان الشكل المراد حساب مساحته ، ثم إيجاد مساحة كل مثلث على حدة ، إما عن طريق قياس أطوال أضلاعه الثلاثة ، وهي الطريقة الأفضل من ناحية الدقة ، أو عن طريق إسقاط أعمدة من رأس كل مثلث على قاعدته ، إلا أن هذه الطريقة أقل دقة لما قد يحدث من أخطاء في قياس أطوال الأعمدة أو إسقاطها على القاعدة بدقة ، ثم تجمع مساحات هذه المثلثات وبالتالي نحصل على المساحة الكلية للشكل .

**مثال (١٣)** : الشكل رقم ( ٢٣ ) يبين قطعة أرض زراعية محددة بخطوط مستقيمة وقد تمت ثلاث محاولات لإيجاد مساحتها بدقة عالية الأولى بتوصيل رؤوس حدود المنطقة ببعضها ، والثانية باختيار

نقطة مركزية وقياس أطوال الأشعة منها إلى أركان الشكل ، والثالثة عن طريق إسقاط أعمدة من رؤوس المثلثات على قاعدتها ، والمطلوب إيجاد مساحتها في كل محاولة .

**خطوات الحل :**

**المحاولة الأولى :**

المثلث رقم (١) ح = ١/٢ ( ٩٠ + ١٤٧ + ١٦٧ ) = ٢٠٢ م

مساحته = √(٢٠٢ (٢٠٢ − ٩٠) (٢٠٢ − ١٤٧) (٢٠٢ − ١٦٧)) = ٦٥٩٩,٣ متر٢

المثلث رقم (٢) ح = ١/٢ ( ١٦٧ + ١٩٧ + ٢٩٢ ) = ٣٢٨ م

مساحته = √(٣٢٨ (٣٢٨ − ١٦٧) (٣٢٨ − ١٩٧) (٣٢٨ − ٢٩٢)) = ١٥٧٨١,١ متر٢

المثلث رقم (٣) ح = ١/٢ ( ١٩٧ + ٢٢٣ + ٢٦٠ ) = ٣٤٠ م

مساحته = √(٣٤٠ (٣٤٠ − ١٩٧) (٣٤٠ − ٢٢٣) (٣٤٠ − ٢٦٠)) = ٢١٣٣٢,٧ متر٢

المثلث رقم (٤) ح = ١/٢ ( ١٥٠ + ١٨٧ + ٢٢٣ ) = ٢٨٠ م

مساحته = √(٢٨٠ (٢٨٠ − ١٥٠) (٢٨٠ − ١٨٧) (٢٨٠ − ٢٢٣)) = ١٣٨٩٠,٩ متر٢

المساحة الكلية للشكل = ٥٧٦٠٤ مترا مربعا

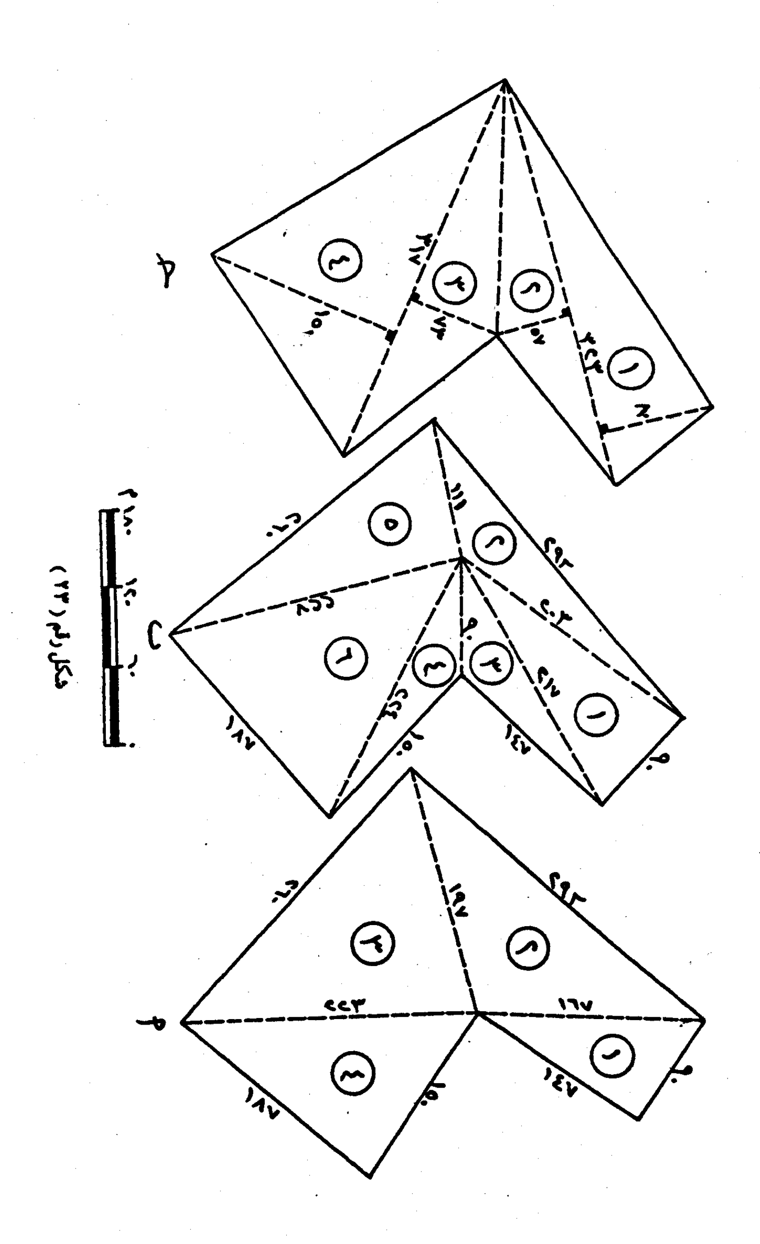
**المحاولة الثانية :**

المثلث رقم (١) ح = ١/٢ ( ٩٠ + ٢٠٣ + ٢١٧ ) = ٢٥٥ م

مساحته = √(٢٥٥ (٢٥٥ − ٩٠) (٢٥٥ − ٢٠٣) (٢٥٥ − ٢١٧)) = ٩١١٨,١ متر٢

المثلث رقم (٢) ح = ١/٢ ( ١١١ + ٢٠٣ + ٢٩٢ ) = ٣٠٣ م

مساحته = √(٣٠٣ (٣٠٣ − ١١١) (٣٠٣ − ٢٠٣) (٣٠٣ − ٢٩٢)) = ٧٩٩٩,٦ متر٢



شكل رقم (٢٣)

المثلث رقم (٣) ح = ١/٢ ( ٩٠ + ١٤٧ + ٢١٧ ) = ٢٢٧ م

مساحته = √(٢٢٧ (٢٢٧-٩٠) (٢٢٧ -١٤٧) (٢٢٧-٢١٧)) = ٤٩٨٧,٩ متر٢

المثلث رقم (٤) ح = ١/٢ ( ٩٠ + ١٥٠ + ٢٢٤ ) = ٢٣٢ م

مساحته = √(٢٣٢ (٢٣٢-٩٠) (٢٣٢ -١٥٠) (٢٣٢-٢٢٤)) = ٤٦٤٨,٨ متر٢

المثلث رقم (٥) ح = ١/٢ ( ١١١ + ٢٢٧ + ٢٦٠ ) = ٢٩٩ م

مساحته = √(٢٩٩ (٢٩٩-١١١) (٢٩٩ -٢٢٧) (٢٩٩-٢٦٠)) = ١٢٥٦٣,٦ متر٢

المثلث رقم (٦) ح = ١/٢ ( ١٨٧ + ٢٢٤ + ٢٢٧ ) = ٣١٩ م

مساحته = √(٣١٩ (٣١٩-١٨٧) (٣١٩ -٢٢٤) (٣١٩-٢٢٧)) = ١٩١٨٤,٠ متر٢

المساحة الكلية للشكل = ٥٨٥٠٢ مترا مربعا

**المحاولة الثالثة :**

مساحة المثلث = ١/٢ القاعدة × الارتفاع

مساحة المثلث رقم (١) = ١/٢ × ٣٢٣ × ٨٠ = ١٢٩٢٠ متر٢

مساحة المثلث رقم (٢) = ١/٢ × ٣٢٣ × ٥٧ = ٩٢٠٥,٥ متر٢

مساحة المثلث رقم (٣) = ١/٢ × ٣١٧ × ٧٣ = ١١٥٧٠,٥ متر٢

مساحة المثلث رقم (٤) = ١/٢ × ٣١٧ × ١٥٠ = ٢٣٧٧٥ متر٢

المساحة الكلية للشكل = ٥٧٤٧١ متر٢

ومن هذه المحاولات الثلاثة يتضح اختلاف قيمة مساحة مسطح المنطقة الناتج من كل محاولة ،ويرجع ذلك أساسا إلى عملية القياس ذاتها على الخريطة تبعا لمقياس الرسم ، وما ينتج عنه من تقريب للأطوال المقاسة

مهما كان القياس دقيقا ، ويتضح من نتائج المحاولات أيضا تقارب المساحة الناتجة من المحاولة الأولى مع الناتجة من المحاولة الثالثة ، في حين تختلف عنهما المساحة الناتجة من المحاولة الثانية ، الأمر الذي يدل على أنه كلما زاد عدد الأطوال المقاسة على الخريطة أو حتى على الطبيعة لإيجاد مساحة ما كلما قلت الدقة نتيجة للزيادة في عملية تقريب الأطوال خاصة إذا لم يكن الأمر يستدعى ذلك كما في الشكل السابق .

وفي المثال السابق يمكننا أن نأخذ متوسط المحاولين الأولى والثالثة ويكون هو مساحة الشكل المراد إيجاد مساحته .

المساحة الناتجة من المحاولة الأولى = ٥٧٦٠٤ مترا مربعا

المساحة الناتجة من المحاولة الثالثة = ٥٧٤٧١ مترا مربعا

المجموع = ١١٥٠٧٥ مترا مربعا

وبقسمة هذا المجموع على ٢ ( المحاولة الأولى والثالثة ) .

∴ مساحة المنطقة = ٥٧٥٣٧,٥ مترا مربعا

**ولتحويل هذه المساحة إلى أفدنة وأجزائها نجرى الآتي :-**

(أ) تقسم هذه المساحة على ٤٢٠٠,٨٣ مترا مربعا حتى نحصل على رقم صحيح للأفدنة .

(ب) ما تبقى من عملية القسمة السابقة ، يضرب في ٢٤ ( عدد القراريط في الفدان الواحد ) حتى نحصل على رقم صحيح للقراريط .

(جـ) ما تبقى من ناتج عملية الضرب السابقة ، يضرب في ٢٤ ( عدد الأسهم في القيراط الواحد ) حتى نحصل على الأسهم وكسورها .

**أي أن** عدد الأفدنة = ٥٧٥٣٧,٥ ÷ ٤٢٠٠,٨٣ م$^2$

= ١٣ فدانا ويتبقى ٠,٦٩٦٧ فدان

عدد القراريط = ٠,٦٩٦٧ × ٢٤

= ١٦ قيراطا ويتبقى ٠,٧٢١ قيراط

عدد الأسهم = ٠,٧٢١ × ٢٤ = ١٧,٣ أسهم

حل أخر لعملية التحويل من الأمتار المربعة إلى الأفدنة وكسورها .

(أ) تقسم هذه المساحة على ٤٢٠٠,٨٣ مترا مربعا حتى نحصل على رقم صحيح للأفدنة .

(ب) ما يتبقى من القسمة السابقة ، يقسم على ١٧٥,٠٣٤٧ متر مربع حتى نحصل على رقم صحيح للقراريط .

(جـ) وما يتبقى من القسمة الثانية ، يقسم على ٧,٢٩٣ متر مربع فنحصل على الأسهم وكسورها .

أي أن عدد الأفدنة = ٥٧٥٣٧,٥ ÷ ٤٢٠٠,٨٣

= ١٣ فدانا ويتبقى ٢٩٢٦,٧١ مترا مربعا

عدد القراريط = ٢٩٢٦,٧١ ÷ ١٧٥,٠٣٤٧

= ١٦ قيراطا ويتبقى ١٢٦,١٥٤٨ مترا مربعا

عدد الأسهم = ١٢٦,١٥٤٨ ÷ ٧,٢٩٣

= ١٧,٣ أسهم وهي نفس النتيجة السابقة

## ٢- *التقسيم إلى أشباه منحرفات .*

وتنحصر هذه الطريقة في رسم خط مستقيم يعرف بخط القاعدة تسقط عليه أعمدة من رؤوس المضلع فتتكون مجموعة من المثلثات وأشباه المنحرفات التي تحسب منها مساحة المضلع ، ويختلف اختيار موضع خط القاعدة بالنسبة للشكل تبعا لاختلاف شكل المنطقة المراد رفعها وتضاريسها المحلية .

**مثال رقم (١٤) : احسب مساحة المنطقة المبينة بالشكل رقم (٢٤) بثلاث طرق مختلفة .**

### أ- خط القاعدة داخل الشكل .

يمكننا رسم أو توقيع خط داخل المنطقة المراد حساب مساحتها بحيث يصل بين أبعد نقطتين من نقط رؤوس المضلع كما في الشكل (٢٤ - أ ) ويعتبر هذا الخط هو خط القاعدة ، ثم نسقط أعمدة من رؤوس المضلع الأخرى عليه بأي وسيلة من وسائل إسقاط الأعمدة ونقيس طول كل عمود كذلك بعدة عن نقطة بداية خط القاعدة وبإيجاد مساحة هذه المثلثات وأشباه المنحرفات التي قسم إليها المضلع وجمعها تنتج مساحة الشكل المطلوب .

أي أن :

مساحة المثلث (١) = $\frac{١}{٢}$ × ١٠٠ × ١٠٣ = ٥١٥٠ متر$^{٢}$

مساحة شبه المنحرف (٢) = $\frac{١}{٢}$ ( ٦٧ + ١٠٠ )× ١٠٣ = ٨٦٠٠,٥ م$^{٢}$

مساحة شبه المنحرف (٣) = $\frac{١}{٢}$ ( ٦٧ + ٩٤ )× ١١٧ = ٩٤١٨,٥م$^{٢}$

مساحة المثلث (٤) = $\frac{١}{٢}$ × ٦١ × ٩٤ = ٢٨٦٧ متر$^{٢}$

مساحة المثلث (٥) = $\frac{١}{٢}$ × ١١٤ × ٤٤ = ٢٥٠٨ متر$^{٢}$

مساحة شبه المنحرف (٦) = $\frac{١}{٢}$ (٤٤ + ١٧) × ١١١ = ٣٣٨٥,٥ م$^{٢}$

مساحة شبه المنحرف (٧) = $\frac{١}{٢}$ ( ١٧ + ٤٤ ) × ٩٢ = ٢٨٠٦ م$^{٢}$

مساحة المثلث رقم (٨) = $\frac{١}{٢}$ × ٤٤ × ٦٧ = ١٤٧٤ متر$^{٢}$

∴ المساحة الكلية للشكل = ٣٦٢٠٩,٥ متر$^{٢}$

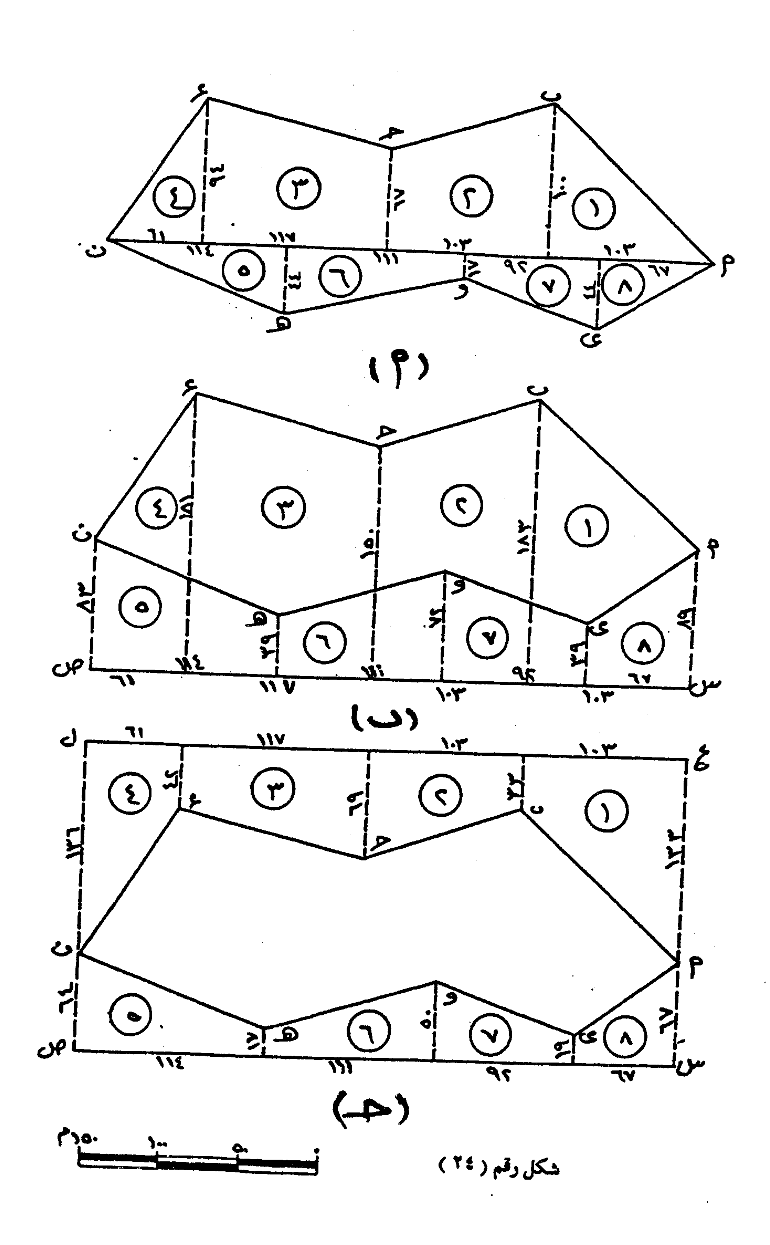
## ب- خط القاعدة خارج الشكل :

يرسم خط القاعدة س ص خارج الشكل وتسقط عليه أعمدة من رؤوس المضلع ثم نأتي بمساحة كل شبه منحرف ، ثم نجمع مساحة الشكل المحـــدد بالنقط س أ ب جـ د ن ص وهو عبارة عـــن مجمـــوع مســـاحات أشـــباه المنحرفات أرقام ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ويمثل المضلع الخارجي المحصـــور بـــين الحدود الخارجية للمنطقة والمحور س ص ، ثم نحســـب مســـاحة المضـــلع الداخلي المحصور بين النقط س أ ي و هـ ن ص ويمثله مجموع مســـاحات أشباه المنحرفات أرقام ٥،٦،٧،٨ فتكون مساحة المنطقة مساوية الفرق بـــين مساحتي المضلع الخارجي والمضلع الداخلي شكل رقم (٢٤-ب).

مساحة المضلع الخارجي :

شبه المنحرف (١) = $\frac{١}{٢}$ ( ٨٩ + ١٨٣ ) × ١٠٣ = ١٤٠٠٨ متر$^{٢}$

شبه المنحرف (٢) = $\frac{١}{٢}$ ( ١٨٣ + ١٥٠ ) × ١٠٣ = ١٧١٤٩,٥ متر$^{٢}$



شكل رقم ( ٢٤ )

شبه المنحرف (٣) = ١/٢ ( ١٥٠ + ١٨١ ) × ١١٧ = ١٩٣٦٣,٥ متر$^2$

شبه المنحرف (٤) = ١/٢ ( ٨٣ + ١٥٠ ) × ٦١ = ٧١٠٦,٥ متر$^2$

المجموع = ٥٧٦٢٧,٥ متر$^2$

مساحة المضلع الداخلي :

شبه المنحرف (٥) = ١/٢ ( ٨٣ + ٣٩ ) × ١١٤ = ٦٩٥٤ متر$^2$

شبه المنحرف (٦) = ١/٢ ( ٣٩ + ٧٢ ) × ١١١ = ٦١٦٠,٥ متر$^2$

شبه المنحرف (٧) = ١/٢ ( ٧٢ + ٣٩ ) × ٩٢ = ٥١٠٦ متر$^2$

شبه المنحرف (٨) = ١/٢ ( ٣٩ + ٨٩ ) × ٦٧ = ٤٢٨٨ متر$^2$

المجموع = ٢٢٥٠٨,٥ متر$^2$

∴ مساحة المنطقة = مساحة المضلع الخارجي – مساحة المضلع الداخلي

= ٥٧٦٢٧,٥ – ٢٢٥٠٨,٥ = ٣٥١١٩,٠٠ متر$^2$

### جـ- خطي القاعدة خارج الشكل :

تستخدم هذه الطريقة في حالة المساحات الكبيرة ، حيث يصعب إسقاط أعمدة من رؤوس المضلعات على خط القاعدة الذي يقع داخل الشكل أو خارجه ، ويرجع ذلك إلى بعد نقط رؤوس المضلع عن خط القاعدة ، وفي هذه الحالة يوقع خطي قاعدة متوازيين س ص ، ع ل بحيث يكون المضلع بينهما ، ثم نقوم بإسقاط أعمدة من كل نقطة على أقرب خط قاعدة لها ، مع مراعاة أن نسقط أبعد نقطتين في المضلع على كلا خطي القاعدة ( ويكون البعد بين خطي القاعدة يساوي طول مسقط إحدى النقطتين على خطي القاعدة ) ثم نقوم بجمع كل أشباه المنحرفات فتكون مساحة الشكل تساوي مساحة المستطيل س ص ع ل مطروحا من مساحة جميع أشباه المنحرفات ( شكل رقم ٢٤ جـ ) .

أي أن :

مساحة شبه المنحرف (١) = $\frac{١}{٢}$ ( ٣٣ + ١٣٣ ) × ١٠٣ = ٨٥٤٩م$^٢$

مساحة شبه المنحرف (٢) = $\frac{١}{٢}$ ( ٣٣ + ٦٩ ) × ١٠٣ = ٥٢٥٣ م$^٢$

مساحة شبه المنحرف (٣) = $\frac{١}{٢}$ ( ٦٩ + ٤٢ )× ١١٧ = ٦٤٩٣,٥م$^٢$

مساحة شبه المنحرف (٤) = $\frac{١}{٢}$ (٤٢ + ١٣٦ ) × ٦١ = ٥٤٢٩ م$^٢$

مساحة شبه المنحرف (٥) = $\frac{١}{٢}$ ( ٦٤ + ١٧ ) × ١١٤ = ٤٦١٧ م$^٢$

مساحة شبه المنحرف (٦) = $\frac{١}{٢}$ ( ١٧ + ٥٠ )× ١١١ = ٣٧١٨,٥ م$^٢$

مساحة شبه المنحرف (٧) = $\frac{١}{٢}$ ( ٥٠ + ١٩ ) × ٩٢ = ٣١٧٤ م$^٢$

مساحة شبه المنحرف (٨) = $\frac{١}{٢}$ ( ١٩ + ٦٧ ) × ٦٧ = ٢٨٨١ م$^٢$

المجموع = ٤٠١١٥ متر$^٢$

مساحة المستطيل س ع ل ص = البعد بين خطي القاعدة × طول أحد خطي القاعدة

∴ مساحة المستطيل ع ل ص = ٢٠٠ × ٣٨٤ = ٧٦٨٠٠ متر$^٢$

ويكون مساحة الشكل أ ب جـ د ن هـ و ي أ المطلوب إيجاد مساحته

= مساحة المستطيل – مساحة جميع أشباه المنحرفات

= ٧٦٨٠٠ – ٤٠١١٥ = ٣٦٦٨٥ متر$^٢$

أي أن مساحة الشكل في الحالة الأولى = ٣٦٢٠٩,٥ متر$^٢$

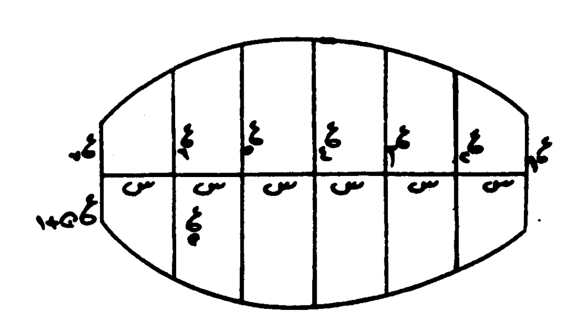
مساحة الشكل في الحالة الثانية = ٣٥١١٩,٠٠ متر$^٢$

مساحة الشكل في الحالة الثالثة = ٣٦٦٨٥,٠ متر$^٢$

∴ متوسط المساحة = ٣٦٠٠٤,٥ متر$^٢$

متوسط المساحة بالفدان وكسوره =

١٦,٨ أسهم ١٣ قيراط ٨ فدان



شكل رقم ( ٢٥ )

س= المسافة بين كل عمودين متتاليين .

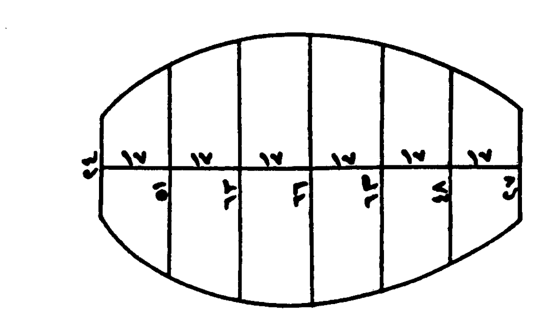
$ع_1$ = طول العمود الأول

$ع_2$ = طول العمود الثاني

$ع_ن$ = طول العمود قبل الأخير .

$ع_{ن+1}$ = طول العمود الأخير .

ن + ١ = عدد الأعمدة .



شكل رقم ( ٢٦ )

## ثالثا: مساحة الأشكال غير المنتظمة المحددة بمنحنيات.

تستعمل في الأرضي الضيقة الممتدة كالشرائح وتتلخص في أخذ محور يوازي طول المنطقة تقريبا في الطبيعة ، وتقسم إلى أجزاء متساوية في الجزء المقطوع بين حدي قطعة الأرض ، ثم نقيم من نقطة التقسيم أعمدة ونتبع إحدى الطرق الآتية حسب دقة الحساب المطلوبة مع مراعاة أن :

ن = عدد الأقسام المتساوية في المنطقة كلها ( شكل رقم ٢٥ ) .

س= المسافة بين كل عمودين متتاليين .

$ع_{١}$ = طول العمود الأول

$ع_{٢}$ = طول العمود الثاني

$ع_{ن}$ = طول العمود قبل الأخير .

$ع_{ن+١}$ = طول العمود الأخير .

ن + ١ = عدد الأعمدة .

وتنقسم طرق حساب مساحة الأشكال غير المنتظمة المحددة بمنحنيات إلى :

**مثال (١٥) : أحسب مساحة قطعة الأرض المبينة بالشكل رقم (٢٦) بأربع طرق مختلفة .**

### ١- طريقة الارتفاع المتوسط :

وهذه الطريقة تعتبر من الطرق التقريبية إذ تحسب المساحة الكلية للمنطقة على أساس أخذ متوسط الأعمدة فتتحول المساحة كلها إلى مستطيل طوله عبارة عن طول القطعة وارتفاعه هو متوسط الأعمدة .

فإذا أردنا حساب المساحة لقطعة الأرض المبينة بالشكل رقم ( ٢٦) مثلا فإن المساحة :

$$= ن\,س \left[ \frac{\text{مجموع أطوال الأعمدة}}{\text{عدد الأعمدة}} \right]$$

أي أن مساحة الشكل رقم ( ٢٦)

$$= ن \times س \left[ \frac{ع_{١} + ع_{٢} + ع_{٣} + \dots\dots + ع_{ن} + ع_{ن+١}}{ن + ١} \right]$$

$$= ٦ \times ١٧ \left[ \frac{٢٧ + ٤٨ + ٦٣ + ٦٦ + ٦٣ + ٥١ + ٢٤}{٧} \right]$$

$= ٤٩٨٣,٤٣$ متر$^{٢}$

## ٢- طريقة أشباه المنحرفات :

وهي أدق من سابقتها وتعتمد على اعتبار أن كل قسم عبارة عن شبه منحرف قاعدتاه عمودان مقامان على الخط الأوسط وارتفاعه هو القسم المشترك ( س) .

المساحة = نصف عرض القسم المشترك × ( طول العمود الأول + طول العمود الأخير + ضعف مجموع باقي الأعمدة )

أي أن مساحة أى شكل .

$$= \frac{\text{س}}{٢} [\text{ع}_{١} + \text{ع}_{ن+١} + ٢ ( \text{ع}_{٢} + \text{ع}_{٣} + \text{ع}_{٤} + \ldots\ldots + \text{ع}_{ن} )]$$

وفي الشكل رقم ( ٢٦) تكون المساحة .

$$= \frac{١٧}{٢} [ ٢٧ + ٢٤ + ٢ ( ٤٨ + ٦٣ + ٦٦ + ٦٣ + ٥١ ) ]$$

= ٥٣٨٠,٥ متر$^{٢}$

## ٣- طريقة سمسون ( الطريقة الدقيقة )

وهي أدق الطرق وتستعمل إذا كانت حدود الأرض منحنية تماما بمعنى أنه يمكننا اعتبار كل ٣ نقط من الحدود عبارة عن منحنى قطع مكافئ .

ويجب فيها أن يكون عدد الأقسام زوجي وإذا كان فرديا يحذف قسم عند أحد الطرفين وتحسب مساحته على حدة ، مع ملاحظة أنه في حالة عدم وجود عمود في بداية القطعة أو نهايتها يجب اعتبار العمود الأول أو الأخير يساوي صفرا عند تطبيق القانون .

وقانون سمسون هو :

المساحة = ثلث القسم المشترك × ( العمود الأول + طول العمود الأخير + ضعف مجموع الأعمدة الفردية + أربعة أضعاف مجموع الأعمدة الزوجية )

$$= \frac{\text{س}}{٣} [ \text{ع}_{١} + \text{ع}_{ن+١} + ٢(\text{ع}_{٣} + \text{ع}_{٥} + \text{ع}_{٧} + ..) + ٤(\text{ع}_{٢} + \text{ع}_{٤} + \text{ع}_{٦} + ...)]$$

فتكون مساحة الشكل السابق تبعا لقانون سمسون

$$= \frac{١٧}{٣} [ ٢٧ + ٢٤ + ٢ (٦٣ + ٦٣) + ٤ ( ٤٨ + ٦٦ + ٥١ ) ]$$

= ٥٤٥٧,٠٠ متر$^{٢}$

الحالة الخاصة : إذا كان عدد الأقسام ثلاثة فيمكن حساب المساحة بطريقة سمسون من المعادلة الآتية :

$$\text{المساحة} = \frac{3}{8} \text{ س } (ع_1 + 3 ع_2 + 3 ع_3 + ع_4)$$

## ٤- طريقة دوراند :

وهي في دقة سمسون تقريبا

$$\text{المساحة} = \text{س} \ [\ 0.4\ (ع_1 + ع_{ن+1}) + 1.1\ (ع_2 + ع_ن) + ع_3 + ع_4 + ع_5 + \ldots\ldots\ldots\ldots + ع_{ن-1}\ ]$$

حيث ٠,٤ ، ١,١ معامل ثابت

وتكون مساحة الشكل السابق تبعا لقانون دوراند

= ١٧ [ ٠,٤ ( ٢٧ +٢٤) + ١,١(٤٨ + ٥١) + ٦٣+٦٦+٦٣ + ٦٣]

= ٥٤٦٢,١ متر$^2$

لاحظ أن نتيجة معادلة سمسون تقترب جدا من نتيجة معادلة دوراند ، كما تقترب منهما نوعا ما نتيجة معادلة أشباه المنحرفات ، في حين تبتعد عنهم نسبيا نتيجة الطريقة التقريبية وهي طريقة الارتفاع المتوسط ، فعلى فرض صحة نتيجة دوران واعتبارها واحد صحيح ، نجد أن نتيجة سمسون ٠,٩٩٩ ، وأشباه المنحرفات ٠,٩٨٥ ، أما الارتفاع المتوسط فتبلغ ٠,٩١ .

## رابعا : مساحة الأشكال ذات الحدود المتعرجة :

هناك عدة طرق لإيجاد مساحة الأشكال المحدودة بخطوط منحنية ولكننا سنقتصر على ذكر أهمها ، وهذه الطرق تتفاوت في دقتها نظرا لأنها تعتمد إلى حد كبير على التقدير الشخصي في بعض الحالات .

**مثال (١٦) : احسب مساحة قطعة الأرض المبينة بالشكل رقم (٢٧) بثلاث طرق مختلفة .**

### ١- طريقة المضلع ( أو الحذف والإضافة ) :

تتخلص هذه الطريقة في تحويل الشكل إلى مضلع مكافئ له في المساحة ، وهذا بأن يراعى في رسم أضلاعه على الشكل أن يقطع كل منها

المنحنى بشرط أن يفصل من الشكل جزءان متساويان ما أمكن ، يقع أحدهما خارج الخط المستقيم والآخر داخله ، فتتحول بذلك حدود الشكل إلى حدود مستقيمة ، مما يسهل إيجاد مساحته بإحدى الطرق السابق ذكرها ، كتقسيمها إلى مثلثات وأشباه منحرفات حسبما يتفق وشكل الأرض المراد إيجاد مساحتها ، ويراعى عند رسم الخطوط المستقيمة أن تكون أقرب ما يمكن لحدود الشكل الأصلي .

ويستحسن في تطبيق هذه الطريقة أن نرسم عدة مضلعات ونوجد مساحة كل منها على حدة ، وتعتبر المساحة الحقيقية للشكل هي المساحة المتوسطة لجميع هذه المضلعات ، هذا مع مراعاة ألا تكون الفرق بين مساحة المضلعات المختلفة كبيرا .

ويمكن تطبيق طريقة المضلع هذه بدون أن تتقاطع خطوط المضلع مع الشكل نفسه بل تمر بداخله ولكن رؤوسها تلامس الشكل من الداخل ، ويمكن بعد رسم المضلع تقسيمه من الداخل إلى مجموعة من المثلثات يمكن حساب مساحتها بسهولة ، أما القطع الواقعة خارج المضلع والتي يرتكز كل منها على ضلع من أضلاعه فإننا نقيم على هذه الأضلاع خطوط تحشية بفاصل أفقي معين موحد ، ثم تحسب مساحتها وفقا لأي قانون من قوانين إيجاد مساحة الأشكال غير المنتظمة والمحددة بمنحنيات السابقة الذكر .

فإذا ما أردنا حساب مساحة الشكل رقم (٢٧ أ ) المرسوم بمقياس رسم ١: ٥٠٠٠ فإننا نكون المضلع أ ب جـ د بطريقة الحذف والإضافة ثم نقسمه إلى مثلثان ونأتي بمساحة كل مثلث على حده .

مساحة المثلث أ ب جـ :

$$\text{ح} = \frac{٧,١ + ٢,٧ + ٨,٧}{٢} = ٩,٢ \text{ سم}$$

$$\therefore \text{مساحته} = \sqrt{\text{ح}\,(\text{ح}-\text{أ})\,(\text{ح}-\text{ب})\,(\text{ح}-\text{جـ})}$$

$$= \sqrt{٩,٢\,(٩,٢ - ٧,١)\,(٩,٢ - ٢,٧)\,(٩,٢ - ٨,٧)}$$

$$= ٧,٩٢ \text{ سم}^٢$$

مساحة المثلث أ حـ د

$$\text{ح} = \frac{٨,٩ + ٣,٩ + ٦,٤}{٢} = ٩,٦ \text{ سم}$$

∴ مساحته = $\sqrt{٩,٦ \; (٩,٦ - ٨,٩) \; (٩,٦ - ٣,٩) \; (٩,٦ - ٦,٤)}$

= ١١,٠٧ سم$^{٢}$

وتكون المساحة الكلية للشكل = ٧,٩٢ + ١١,٠٧ = ١٨,٩٩ سم$^{٢}$

**∴ مساحة الشكل على الطبيعة = المساحة على الخريطة × مربع مقياس الرسم**

المساحة على الطبيعة = ١٨,٩٩ × ٥٠,٠ × ٥٠,٠٠ = ٤٧٤٧٥ متر$^{٢}$

**٢- طريقة المربعات .**

وهي طريقة تقريبية أيضا وأن كانت أدق من الطريقة السابقة ، وكلما صغر طول ضلع المربع في الشبكة ، كلما كانت المساحة الناتجة أقرب للحقيقة ، وتتخلص طريقة المربعات في تغطية المساحة المراد قياسها بشبكة من المربعات الدقيقة ، ثم إحصاء عددها ، وبمعرفة مساحة المربع الواحد منها وضربها في عدد المربعات التي تغطى الشكل نحصل على المساحة الكلية للشكل المطلوب ، ولابد - لزيادة الدقة - من حساب مساحة المربعات الناقصة والمثلثات التي توجد على أطراف الشكل ، وضمها إلى مساحة المربعات السابقة ، وبالرجوع إلى مقياس رسم الخريطة نستطيع أن نعرف المساحة الحقيقية للمنطقة المقيسة على الطبيعة ، وهذه بلا شك طريقة معقدة بطيئة لا نستطيع أن نخرج منها بنتيجة صحيحة مائة في المائة في كل حالة نظرا لما تتطلبه من دقة متناهية في رسم المربعات .

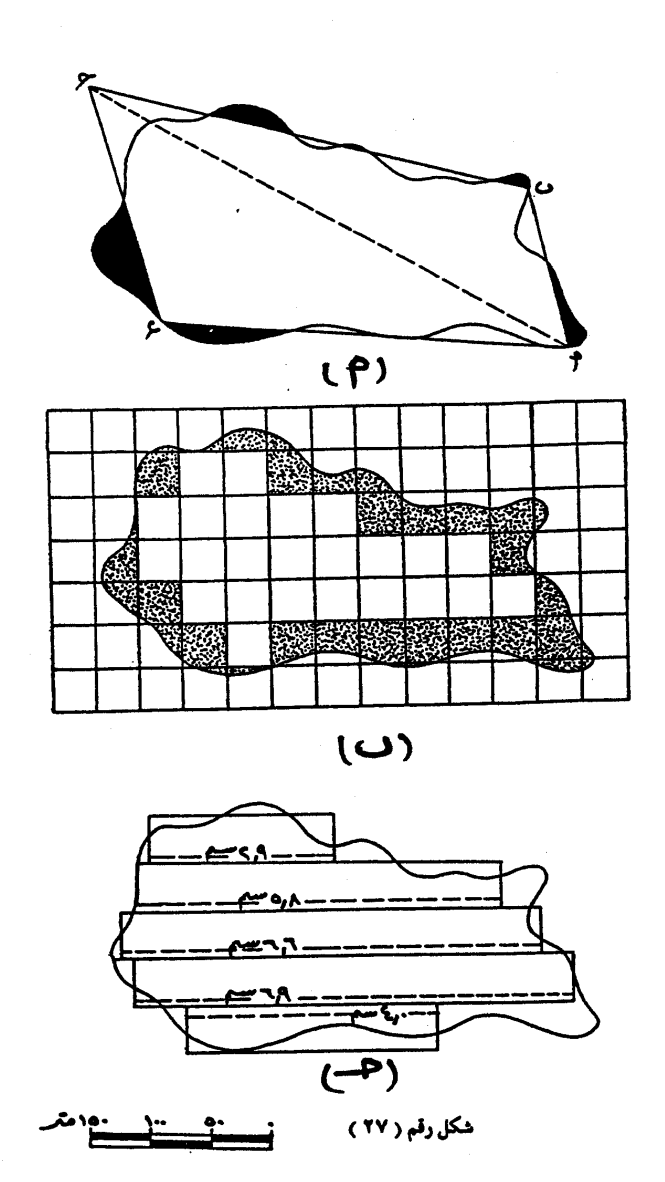
أي أن هذه الطريقة تنحصر في إحصاء المربعات الصحيحة المحصورة داخل حدود القطعة ثم تقدر مساحة الأجزاء الباقية بالنسبة لمساحة المربع ثم تضاف إلى المربعات الصحيحة .

فتكون المساحة الكلية للشكل = ( مجموع المربعات الصحيحة + مجموع أجزاء المربعات ) × مساحة المربع الواحد .

وفي هذا المثال تم اختيار طول ضلع المربع ٧ ملليمترات ( حتى إذا كان المطلوب مساحة الشكل على الطبيعة فيكون هذا الطول مساويا ٢٥ مترا على الطبيعة تبعا لمقياس الرسم كما في الشكل رقم (٢٧ ب)

عدد المربعات الصحيحة = ٢٤ مربع

مجموع أجزاء المربعات = ١٦ مربع كامل



شكل رقم ( ٢٧ )

∴ مجموع المربعات الكاملة = ٢٤ + ١٦ = ٤٠ مربع
∴ مساحة الشكل على الخريطة = ٤٠ مربع × مساحة المربع الواحد
= ٤٠ × ٠,٧ سم × ٠,٧ سم = ١٩,٦ سم٢
ومساحته على الطبيعة = ١٩,٦ × ٥٠,٠٠ متر × ٥٠,٠٠ متر
= ٤٩٠٠٠ متر٢

### ٣- طريقة الشرائح .

في هذه الطريقة نقوم بتقسيم الشكل المطلوب إيجاد مساحته إلى شرائح أو أشرطة عن طريق رسم خطوط أفقية متوازية ومتساوية البعد عن بعضها ، وتحول كل شريحة إلى مستطيل مكافئ لها في المساحة ، ويشترك معها في العرض ، وذلك برسم خطوط الحذف والإضافة وفق ما سبق بيانه في طريقة المضلع .

ولإيجاد مساحة الشكل تجمع أطوال المستطيلات كلها ثم تضرب × طول القسم المشترك أي المسافة المتساوية بين كل خطين متوازيين شكل رقم (٢٧ جـ)

طول المستطيل الأول = ٢,٩ سم طول المستطيل الرابع = ٦,٩ سم
طول المستطيل الثاني = ٥,٨ سم طول المستطيل الخامس = ٤,٠٠ سم
طول المستطيل الثالث = ٦,٦سم ارتفاع كل مستطيل = ٠,٧سم
∴ مساحة الشكل = ٠,٧ سم ( ٢,٩ + ٥,٨ + ٦,٦ + ٦,٩ + ٤,٠٠ )
= ٠,٧ × ٢٦,٢ = ١٨,٣٤ سم٢
المساحة على الطبيعة = ١٨,٣٤ × ٥٠ متر × ٥٠ متر = ٤٥٨٥٠ متر٢

## خامسا : الطرق الآلية لإيجاد المساحات :

توجد عدة أجهزة يمكن بواسطتها قياس الأشكال ذات الحدود المتعرجة منها البلانيمتر العادي ومسطرة التفدين والبلانيمتر الرقمي الذي ينقسم إلى البلانيمتر ذو القطب والبلانيمتر حر الحركة . وسوف نتناول بشيء من التفصيل تركيب كل من البلانيميتر ذو القطب والبلانيمتر حر الحركة وكيفية العمل بهما لأنها الأدق والأكثر استخداما في الوقت الحاضر .

## ❁ البلانيمتر ذو القطب KOIZUMI PLACOM
## KP – 82
## Digital planimeter

هو عبارة عن جهاز صغير يستخدم في إيجاد الأشكال غير المنتظمة المحددة بمنحنيات أو بخطوط متعرجة ، عن طريق ضرب القراءة البلانيمترية التي تظهر على شاشة الجهاز في المعامل البلانيمتري له وهو (٠,١) × مربع مقياس رسم الخريطة المطلوبة .

ويتركب هذا الجهاز ( شكل رقم ٢٨ ) من الأجزاء التالية :

١- **العربة** : وهي عبارة عن صندوق صغير من المعدن على شكل مستطيل أبعاده ١١ سم × ٦سم × ٣,٥ سم بأسفله عجلة تتحرك بحركة هذه العربة وتساعد في إيجاد مساحة الشكل المطلوب ، وفي السطح العلوي لهذه العربة شاشة رقمية لإظهار القيمة البلانيمترية ، كما يوجد في جانب العربة مدخل للتيار الكهربي لشحن بطاريات الشغيل ، ويوجد في السطح العلوي للعربة أعلى الشاشة مباشرة فتحة ضيقة لوضع طرف ذراع الثقل فيه بالإضافة إلى وجود سبعة أزرار للتشغيل هي :

| | |
|---|---|
| ON | زر إدخال التيار الكهربي |
| OFF | زر فصل التيار الكهربي |
| START | زر بدء تشغيل القياس : وبالضغط عليه تصبح القراءة على الشاشة صفر ويصبح الجهاز معدا للعمل في القياس |
| MEMO | زر الذاكرة : بالضغط عليه بعد الانتهاء من المرور على حدود الشكل المراد إيجاد مساحته تخزن القراءة الموجودة على الشاشة في الذاكرة ، ويمكن بواسطتة تخزين عدة قراءات لمساحة الشكل الواحد . |
| AVER | زر المتوسط عند الضغط عليه فإن الجهاز يحسب متوسط القراءات البلانيمترية التي سبق تخزينها بـMEMO عدة مرات، أي أنه يأتي بمتوسط عدد المحاولات التي أجريت . |
| HOLD | زر تثبيت القراءة : عند الضغط عليه ( بعد المرور على حدود الشكل ) تثبت القراءة على الشاشة ولا تتغير حتى ولو تحركت العربة . |

C/AC زر المسح : بالضغط عليه مـرة واحـدة تمحـي القـراءة التي على الشاشة وبالضغط عليه مـرتين متتـاليتين تمحـي قراءة الذاكرة .

**٢- ذراع الرسم** Tracer arm وهو عبارة عن قضيب من المعـدن يبلـغ طوله ١٧سم وهو مثبت في العربة وينتهي طرفه بعدسة مكبرة في مركزهـا نقطة يدخل دائرة حمراء صغيرة تستخدم هذه النقطة في المرور على حـدود الشكل المراد إيجاد مساحته .

**٣- ذراع الثقل** Pole arm ويبلغ طوله ٢٥سم وينتهي أحد طرفيه بمسمار صغير يدخل في الثقب المخصص له في السطح العلوي للعربة أعلى الشاشـة مباشرة ، أما الطرف الآخر لذراع الثقل فينتهي بمخروط في منتصفه مسـمار صغير يدخل في ثقب ثقل دائري يمثل القطب الذي يتحرك حوله البلانيمتر .

**٤- كابل كهربي** يبلغ طوله ٢ متـر يصـل البلانيمتـر وبالتحديـد العربـة بمصدر الطاقة

**خطوات العمل بالبلانيمتر ذو القطب :**

في حالة إيجاد مساحة شكل بهذا الجهاز يمكن أن يوضع الثقـل داخـل الشكل أو خارجه ، وفي الحالة الثانية يجب وضع الجهاز على شـكل زاويـة قائمة وسن الراسم في مركز الشكل وعموما نجرى الخطوات الآتية .

أ- نجعل ذراع الثقل وذراع الرسم على شكل زاوية قائمة ( شكل رقم ٢٩) .

ب- نحدد نقطة بداية معينة على محيط الشكل المطلوب إيجاد مساحته ولتكن س حتى نبدأ منها القياس .

جـ- نقوم بوضع النقطة التي في منتصف العدسة على نقطة البداية تماما ثم نضغط على زر إدخال التيار الكهربي ON ثـم بالضـغط علـى START نسمع رنين خفيف يدل على استعداد الجهاز لبدء القياس .

د- نقوم بالمرور على محيط الشكل المطلوب إيجاد مسـاحته عـن طريـق النقطة التي في منتصف العدسة حتى نصل مرة أخرى إلـى نقطـة البدايـة فتظهر لنا قراءة على الشاشة هي القيمة البلانيمترية لهذه المساحة ، بالضـغط على MEMO تخزن هذه القراءة في الذاكرة وتظهر شاشة أخرى بـرقم 0 وفي أعلاها توجد كلمة MEMO .

ن- والجهاز في هذا الوضع نقوم بالمرور على محيط الشكل مرة ثانية وثالثة .... ( حسب عدد المحاولات المطلوبة - وكلما زادت عدد المحاولات زادت الدقة) وفي كل مرة بعد الوصول إلى نقطة البداية نضغط على زر MEMO لتخزين القراءة . وإذا ما أردنا أن نحذف قراءة نشك في صحتها ليس علينا إلا أن نضغط فقط على زر C/AC.

هـ- بعد الانتهاء من آخر محاولة وبالوصول إلى نقطة بداية القياس نضغط على زر AVER تظهر لنا القيمة المتوسطة للقراءة البلانيمترية .

و- بعد الانتهاء نضغط على زر OFF لفصل التيار الكهربي .

ي- يمكن الحصول على مساحة الشكل على الطبيعة مباشرة وذلك بضرب متوسط القراءة البلانيمترية الناتجة × معامل الوحدة البلانيمترية × مربع مقياس رسم الخريطة .

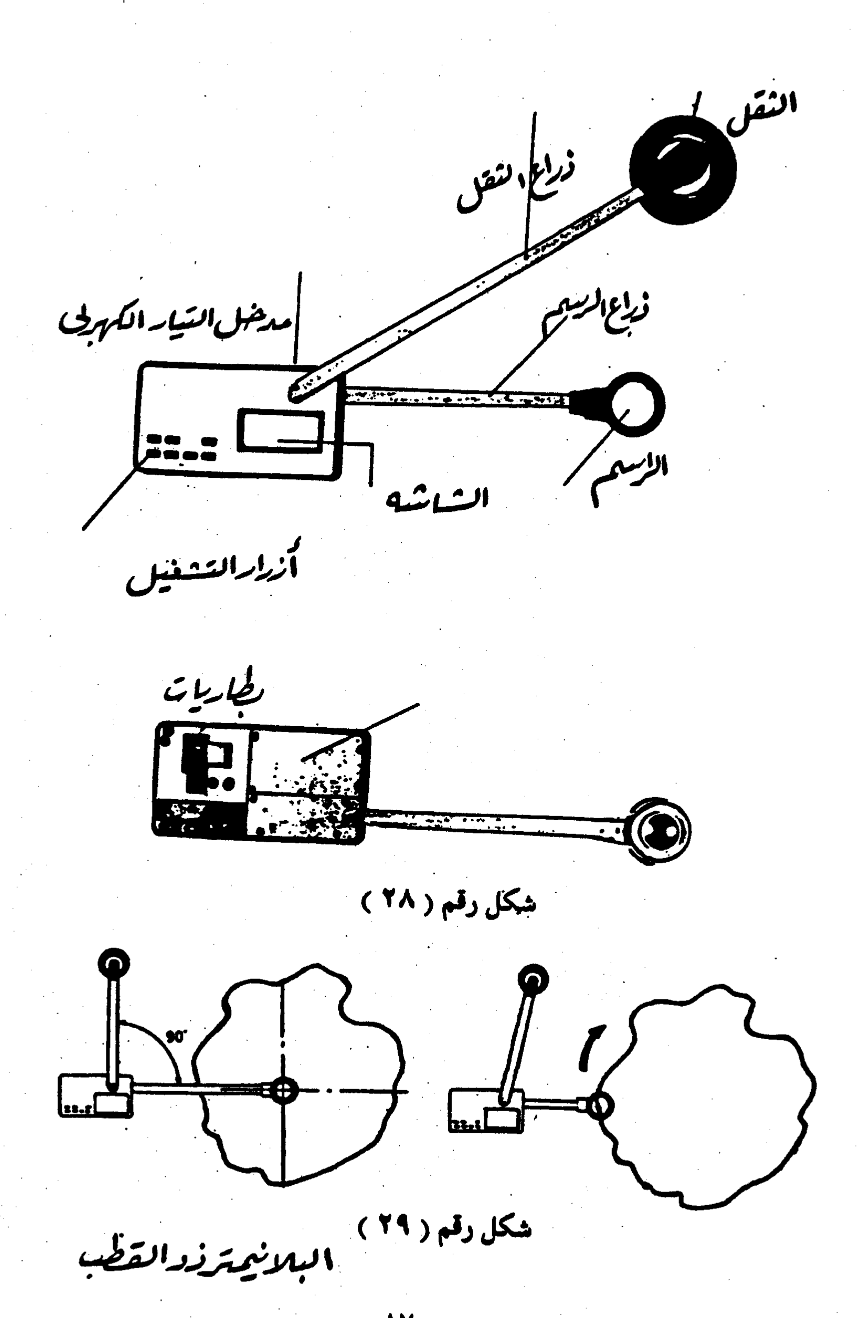
**ملحوظة :** يمكن استخدام هذا الجهاز في إيجاد مساحة منطقتين متباعدتين كوحدة واحدة وذلك بحساب القراءة البلانيمترية لمساحة المنطقة الأولى ثم نضغط على زر HOLD حتى تثبت هذه القراءة على الشاشة ثم نتحرك للمنطقة الثانية ونضع نقطة العدسة على نقطة البداية ثم نضغط على زر HOLD مرة أخرى لإلغاء عملية التثبيت، وبالمرور على محيط الشكل نلاحظ تزايد القراءة الأولى حتى تصل إلى قيمة معينة بعد الوصول إلى نقطة البداية ( انتهاء العمل) وتكون هذه القراءة هي القيمة البلانيمترية لمساحة المنطقتين معا .

**مميزات هذا الجهاز :**

١- ثبات العربة في ذراع التخطيط .

٢- ظهور القراءة على الشاشة الرقمية ( بدلا من استخدام الورنية في البلانيمتر العادي ) .

٣- بالجهاز ذاكرة لتخزين قراءات محاولات القياس لجمعها ثم قسمتها على عددها .




شكل رقم ( ٢٨ )



شكل رقم ( ٢٩ )

البلانيمتر ذو القطب

٤- يتميز عن البلانيمتر العادي بإتساع المنطقة التي يمكن إيجاد مساحتها إذ يصل قطرها إلى ٣٠سم عندما يكون الثقل خارج الشكل ، ٨٠ سم عندما يكون داخل الشكل .

## عيوبه :

١- يلزم لقياس مساحة بهذا الجهاز تثبيت الثقل في مكان محدد مما يقلل من اتساع المنطقة التي يمكنه قياسها ، فإذا ما كان الشكل أكبر من امتداد البلانيمتر وجب تقسيمه إلى أجزاء وحساب مساحة كل جزء على حدة ( على عكس البلانيمتر حر الحركة) .

٢- قد يتعرض ذراع الثقل للانفصال عن العربة عند الاستخدام مما يستلزم معه إعادة القياس .

٣- لابد لحساب مساحة الشكل على الطبيعة إجراء عملية حسابية رغم بساطتها إلا أنها تستنذف جهدا ووقتا خاصة مع كثرة عملية القياس . على عكس البلانيمتر حر الحركة .

## ❁❁ البلانيمتر حر الحركة PLACON SOKKIA
## KP – 90N
## Digital planimeter

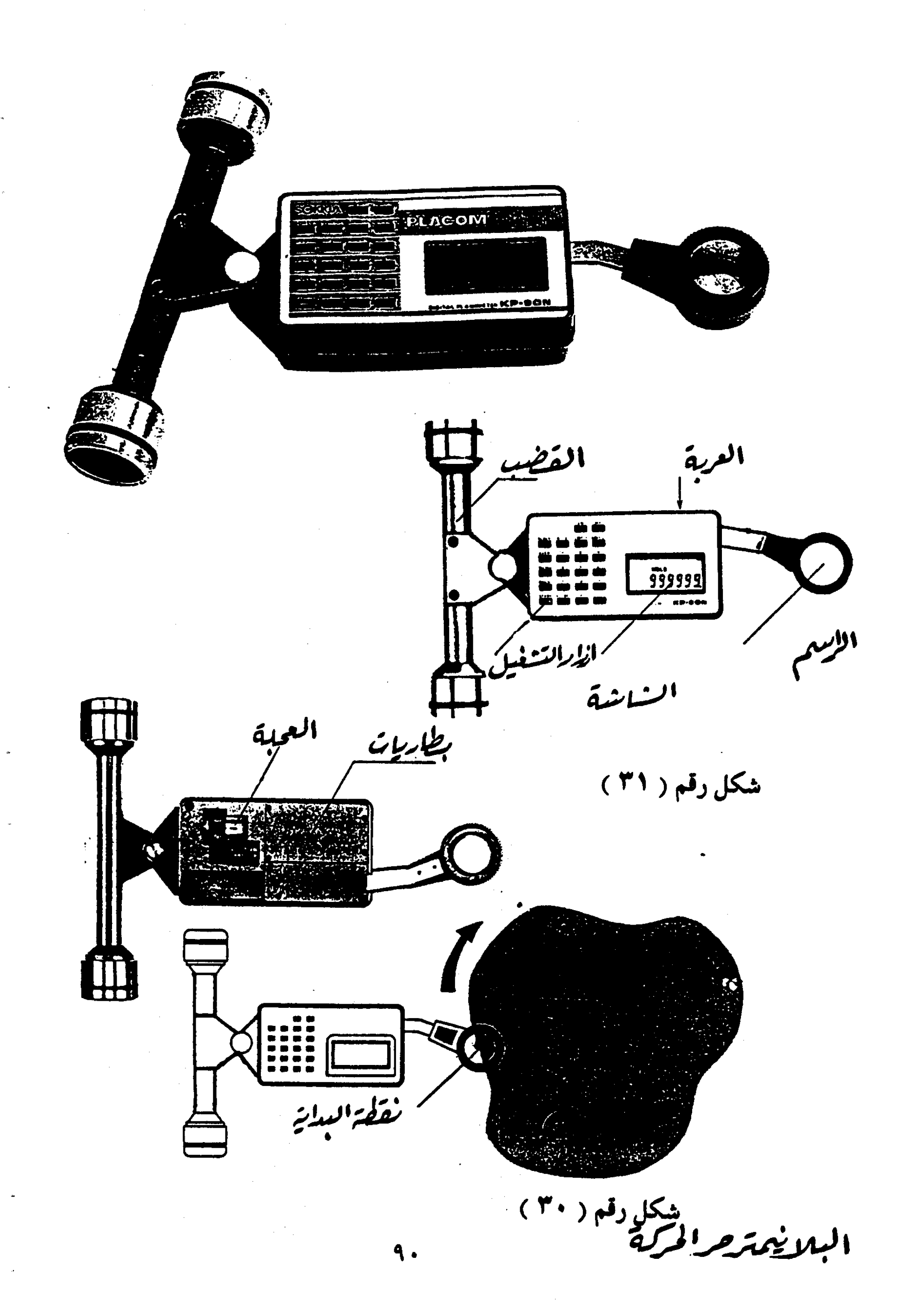
وهو عبارة عن جهاز أحدث من البلانيمتر ذو القطب ، ويتميز عنه بالدقة العالية في إيجاد مساحات الأشكال غير المنتظمة المحددة بمنحنيات أو بخطوط متعرجة ، وهو يعطي مساحة الأشكال على الطبيعة عن طريق إدخال مقياس رسم الخريطة المطلوبة في الجهاز ، لذلك فهو يوفر الوقت والجهد ، بعكس البلانيمتر ذو القطب الذي يعطي القراءة البلانيمترية للشكل فقط ، وإذا ما أردنا إيجاد مساحة الشكل على الطبيعة فإننا نقوم بإجراء العملية الرياضية سابقة الذكر .

ويتكون البلانيمتر حر الحركة شكل رقم (٣٠ ) من الأجزاء الآتية .

١- **العربة** : وهي تشبه عربة البلانيمتر ذو القطب في الأبعاد ، كما يوجد بسطحها السفلي عجلة تتحرك بحركتها ، وفي سطحها العلوي شاشة لإظهار

مساحة الشكل المطلوب ، وفي جانب العربة مدخل للتيار الكهربـي لشـحن بطارية التشغيل بالإضافة إلى وجود (٢٢) زر للتشغيل هي :

| | |
|---|---|
| ON | زر إدخال التيار الكهربي |
| OFF | زر فصل التيار الكهربي |
| SCALE | زر إدخال مقياس رسم الخريطة المطلوبة . |
| START | زر بدء تشغيل القياس : بالضغط عليـه لأول مـرة تصـبح القراءة على الشاشة صفر ويصبح الجهاز معدا للعمـل فـي القياس بعد الانتهاء تخزن القراءة ، وبالضغط مـرة اخـرى على START يظهر رقم يدل على عدد محاولـة القيـاس الجارية وهو (٢) ثم نبدأ في القياس مرة ثانية وتخزن القراءة ، وبالضغط على START مرة ثالثـة يظهـر عـدد (٣) وهكذا حتى نهاية المحاولات المطلوبة . |
| MEMO | زر الذاكرة : بالضغط عليه بعد الانتهاء من المـرور علـى محيط الشكل المطلوب إيجاد مساحته تخزن المسـاحة فـي الذاكرة ويمكن بواسطته تخـزين عـدد كبيـر مـن نتـائج المحاولات لأخذ متوسطها . |
| AVER | زر المتوسط عند الضغط عليه فإن الجهاز يحسـب متوسـط مساحة الشكل على الطبيعة مباشرة والتي قـد تـم تخزينهـا بواسطة زر الذاكرة . |
| HOLD | زر تثبيت القراءة : عند الضغط عليه ( بعد المـرور علـى حدود الشكل ) تثبت القراءة على الشاشة ولا تتغير حتى ولو تحركت العربة . |
| C/AC | زر المسح : بالضغط عليه تمحي قيمة مقياس الرسم إذا مـا أردنا تغيير مقياس الرسم الموجود في ذاكرة الجهاز استعدادا لإيجاد مساحة شكل أخر . |
| R- S | ليس له وظيفة في هذا الجهاز . |




شكل رقم ( ٣١ )

شكل رقم ( ٣٠ )

البلانيمتر المركب

UNIT - 1 زر التحول الأفقي لتمييز المساحة المطلوبة إما مربع السنتيمتر أو بمربع المتر أو بمربع الكيلومتر .........إلخ أي أنه إذا ما أردنا حساب المساحة بالكيلو مترات أو أجزائها أو بالأميال أو أجزائها يمكننا التحول الأفقي لها بواسطة هذا الزر .

UNIT - 2 زر التحول الرأسي لتمييز المساحة المطلوبة : إما بمربع السنتيمتر أو بمربع المتر أو بمربع الكيلو متر ...... الخ.

صفر : ٩ ، عشرة أزرار للعدد : تستخدم في إدخال قيمة مقياس الرسم الذي لابد وأن يكون في حدود ٧ أرقام .

. : زر الفاصلة : ويستخدم إذا ما أردنا إدخال قيمة مقياس الرسم على هيئة رقم صحيح وكسر عشري .

٢- **ذراع الرسم** :وهو ثابت في الطرف الأمامي للعربة وينتهي طرفه الثاني بعدسة مكبرة في مركزها نقطة داخل دائرة حمراء صغيرة تستخدم هذه النقطة في المرور على حدود الشكل المراد إيجاد مساحته .

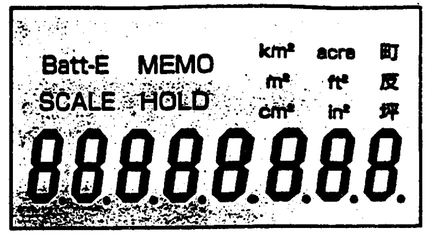
٣- **القضيب** Ruller : عبارة عن محور معدني بطرفيه بكرتان اتجاه حركتهما متوازيان تماما ، وفي منتصفه كتلة مثلثية تنتهي بمفصله مثبتة بالعربة .

٤- **كابل كهربي** يبلغ طوله ٢متر يصل البلانيمتر وبالتحديد العربة بمصدر الطاقة

**خطوات العمل بالبلانيمتر حر الحركة :**

أ- نحدد نقطة بداية معينة على محيط الشكل المطلوب إيجاد مساحته ولتكن ص حتى نبدأ منها القياس ( شكل رقم ٣١) .

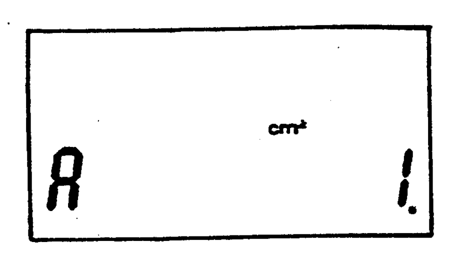
ب- نضع نقطة العدسة المكبرة على نقطة بداية القياس السابق تعيينها ثم نضغط على زر ON تظهر لنا الشاشة الموضحة .




شكل رقم (٣٢)

ج- عن طريق مفتاحي ( UNIT-I , UNIT-2 ) نختــار وحــدة القيــاس المطلوبة إما القياس الفرنسي أو الإنجليزي أو الياباني .

د- نضغط على زر SCALE حتى ندخل مقياس الرسم المطلوب تظهر لنــا الشاشة التالية .




شكل رقم (٣٣)

ويدل حرف A على مقياس الرسم الرأسي ، فإذا لم يكــن بالخريطــة مقياس رسم رأسي تظل الشاشة على ما هي عليه ، وما علينا في هذه الحالــة إلا أن نضغط مرة ثانية على زر SCALE فتظهر لنا الشاشة التالية .

cm²

b 85000.

شكل رقم (٣٤)

ويدل حرف b على مقياس الرسم الأفقي ، نقوم بإدخال مقياس الرسم المطلوب عن طريق الأزرار من صفر إلى ٩ .

**ملحوظة هامة :**

في حالة ما إذا كنا نريد حساب مساحة أية شكل في صورة فوتوغرافية ( وليكن قطعة حجر أو ورقة شجر ) نقوم بوضع رقم ١ في شاشة المقياس الأفقي وهذا يعني أن مقياس رسم هذا الشكل ١سم : ١سم . على أن يكون وضع اختيار وحدة القياس في النقطة (جـ) على السنتيمترات المربعة .

أما في حالة الرغبة في حساب مساحة شكل على خريطة مقياس رسمها معروف وليكن ١ : ٨٥٠٠٠ نقوم بإدخال هذا المقياس في شاشة مقياس الرسم الأفقي b ثم نضغط مرة أخرى على SCALE فيخزن هذا المقياس في الذاكرة وتظهر شاشة أخرى على الوضع صفر .

هـ - نضغط على زر START فيظهر لنا رقم ١ يدل على بداية قياس الشكل بالمقياس المخزن لأول مرة .

و - نقوم بالمرور على محيط الشكل المطلوب إيجاد مساحته فتظهر لنا مساحة هذا الشكل مباشرة على الطبيعة ، نضغط على زر MEMO فتخزن هذه المساحة في الذاكرة ، ثم نضغط مرة ثانية على START يظهر لنا رقم ٢ وهو دليل على المحاولة الثانية للقياس ، نقوم بالمرور على محيط الشكل فتظهر لنا مساحة أخري قد تساوي أو تقل أو تزيد قليلا عن سابقتها ، بالضغط على MEMO تخزن أيضا هذه المساحة في الذاكرة فنكرر هذه العملية بعدد المحاولات المطلوبة وفي النهاية نضغط على MEMO فتخزن آخر مساحة مقاسة ، ثم نضغط على زر EVER فيظهر لنا متوسط مساحة الشكل على الطبيعة مباشرة .

مميزات هذا الجهاز :

١- يتميز البلانيمتر حر الحركة بكونه كتلة واحدة مما يسهل كثيرا من عملية القياس .

٢- يقوم بحساب مساحة الشكل على الطبيعة مباشرة عـن طريـق إدخـال مقياس رسم هذا الشكل ، مما يوفر الوقت والجهد ويزيد من دقة القياس .

٣- لكونه حر الحركة لذلك يتميز عن جميع البلانيمترات الأخـرى باتسـاع مساحة المنطقة التي يمكنه قياسها .

# تمارين على إيجاد المساحات

١- شكل ثماني منتظم مساحته ٢٨٥٠ مترا مربعا ، فما طول ضلعه .

٢- شكل سداسي منتظم مساحته ٦ فدان ، ١٨ قيـراط ، ٢٠ سـهم . فمـا طول ضلعه ، وما مساحته بالبوصة المربعة علـى خريطـة مقياسـها ١ : ٥٠٠٠ .

٣- شكل خماسي منتظم ، قيس طول ضلعه على خريطة ما فكـان طولـه ٦سم ، فإذا كانت مساحته علـى الطبيعـة ٢,١٦ فـدان فمـا مقيـاس رسم الخريطة .

٤- قطعة أرض مساحتها ٣٥٠٠ متر$^{٢}$ ، مرسومة علـى خريطـة مقيـاس رسمها ١:٢٥٠٠ ، فإذا قدرت هذه المسـاحة بـالبلانيمتر ذو القطـب فكانت القراءة البلانيمترية ٥٦ فما معامل هذا البلانيمتر .

٥- قطعة أرض على شكل مثلث معلوم أطوال أضلاعه على الطبيعة وهـي ٥٠، ٧٥ ، ١٠٠ متر ، فإذا كانـت مسـاحته علـى الخريطـة هـي ١٨,١٦سم$^{٢}$ تقريبا ، فما مقياس رسم هذه الخريطة .

٦- قطعة أرض على شكل مثلث قائم الزاوية ونسبة قاعدته إلى ارتفاعـه ٥: ٣ ، ومساحته على الخريطة ٣٠سم$^{٢}$ ، فما مقياس رسـم الخريطـة إذا كان طول ارتفاعه على الطبيعة ٧١٠٠ متر .

٧- حديقة على شكل معين أ ب جـ د طول ضلعه ٨٠ متر وإحدى زوايـاه ٧٠° يراد شق طريق بعرض ٢٠ متر في منتصفها يقسمها إلى قسمين

بحيث يكون محور الطريق هو القطر الأكبر ، فما هي المساحة التي ستؤخذ من الحديقة لهذا الغرض .

٨- أ ب جـ د قطعة أرض على شكل مستطيل مساحته ٦٠٠٠٠٠ متر مربع والنسبة بين طوله وعرضه ٥ : ٣ يراد شق طريق في منتصفها بعرض ٣٠ مترا بحيث يكون محوره القطر أ جـ ، فما هي المساحة التي ستؤخذ من الحديقة لهذا الغرض .

٩- أحسب مساحة الشكل رقم (٣٥) إذا كانت جميع الأطوال المبينة عليه بالمتر وإن الزاوية أ ب جـ زاوية قائمة وذلك باستخدام قانون سمسون مرة وقانون دوراند مرة أخرى .

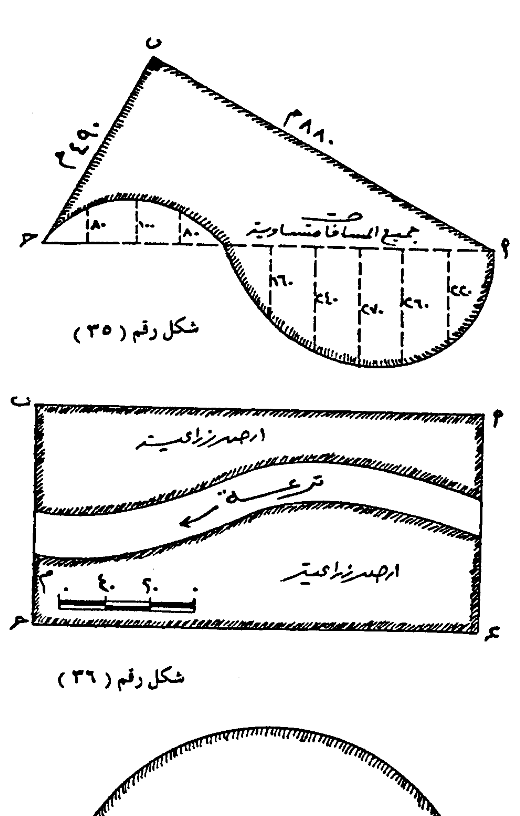
١٠- الشكل رقم (٣٦ ) يوضح قطعة أرض زراعية مملوكة لأحد المزارعين على شكل مستطيل أ ب جـ د ، وقد تم شق ترعة تقسمها إلى قسمين غير متساويين ، أوجد المساحة التي أخذت من قطعة الأرض لهذا الغرض

١١- احسب مساحة الشكل رقم (٣٧ ) إذا كانت مساحة نصف الدائرة المرسومة على القطر أ ب = ٣,٧٤١ فدان باستخدام قانون سمسون وأشباه المنحرفات والارتفاع المتوسط وقارن بين النتائج ( اعتبر ط = ٣,١٤ ) . مع العلم أن جميع أطوال الأعمدة بالمتر .

١٢- أوجد مساحة الشكل رقم ( ٣٨ ) بالفدان وكسوره باستخدام قانون دوراند والارتفاع المتوسط ، علما بأن مقياس رسم الشكل موضح بجواره ثم حاول تكبير هذا الشكل بنسبة ٥ / ٣ ورسم مقياس خطي له .

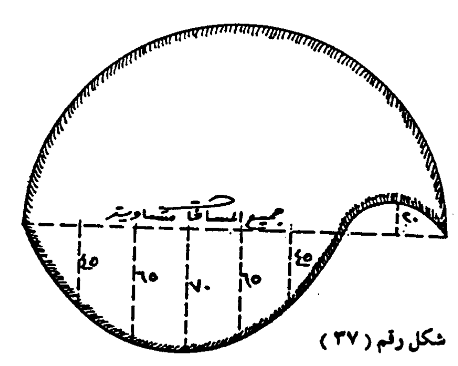
١٣- الشكل رقم (٣٩ ) يمثل حدود قطعة أرض بناء مرسومة بمقياس رسم ١ : ٥٠٠٠ والمطلوب معرفة مساحتها على الطبيعة بالمتر المربع باستخدام طريقة المثلثات مرة وأشباه المنحرفات مرة أخرى .

١٤- الشكل رقم ( ٤٠ ) يوضح الامتداد الأفقي لتكوين صخري معين على خريطة مقياس ١ : ٢ مليون ، فوضح الخطوات التي يجب أن تتبعها لتقدير مساحة هذا التكوين بواسطة البلانيمتر ذو القطب والبلانيمتر حر الحركة .

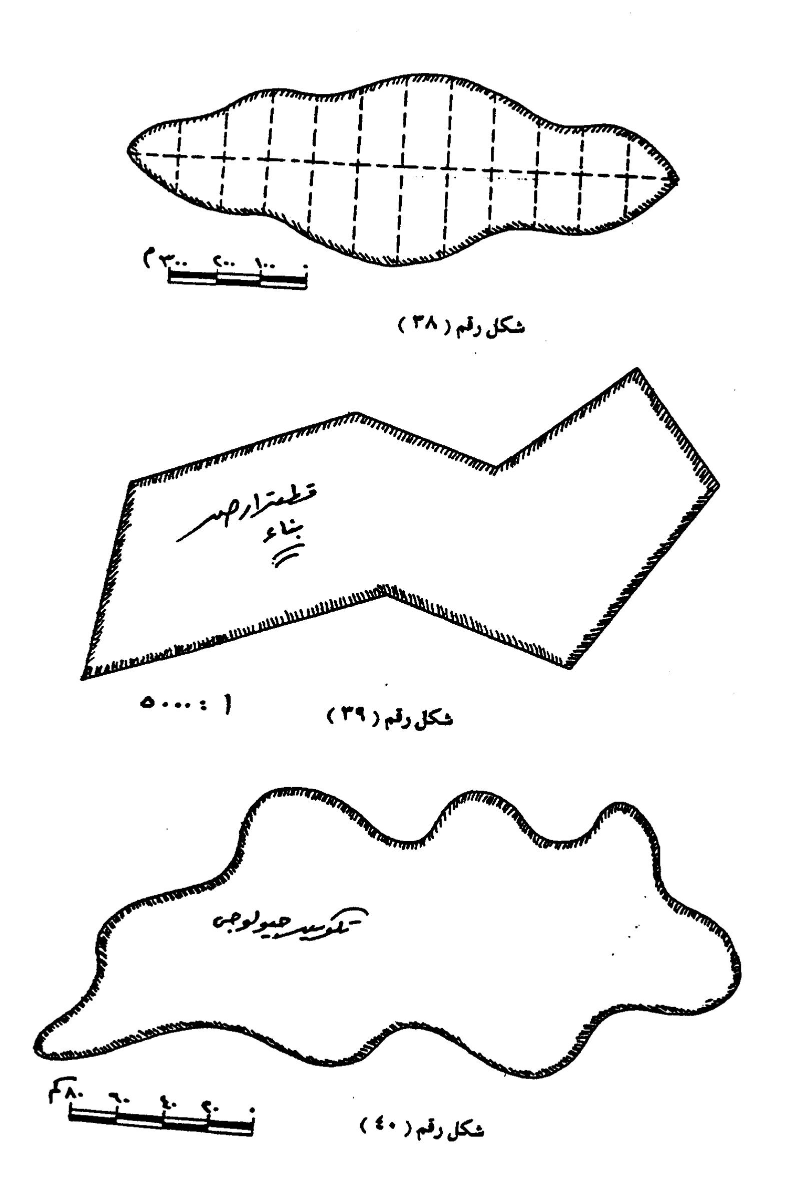



شكل رقم ( ٣٥ )

شكل رقم ( ٣٦ )




شكل رقم ( ٣٧ )




شكل رقم ( ٣٨ )

شكل رقم ( ٣٩ )

شكل رقم ( ٤٠ )

# الفصل الثالث

# المساحة بالشريط

**مقدمة :**

* **الأدوات المستخدمة في المساحة بالشريط .**
* **إقامة وإسقاط الأعمدة لرفع معالم المنطقة .**
* **قياس أطوال الأضلاع بالشريط .**

أولاً : القياس على أرض مستوية تقريبا .

ثانياً : القياس على أرض غير منتظمة الانحدار .

ثالثاً : القياس على أرض منتظمة الانحدار .

**مصادر الأخطاء في قياس الأطوال بالشريط وتصحيحاتها .**

أولاً : طول الشريط غير مضبوط .

ثانيا : ترخيم الشريط الناتج عن فرده كاملا .

ثالثاً : الخطأ في التوجيه (انحراف القياس) .

* **رفع منطقة وعمل التحشية بواسطة الشريط .**
* **تطبيقات على القياس بالشريط .**

تمارين محلولة على المساحة بالشريط .

تمارين على المساحة بالشريط .

## مقدمة :

تعتبر الشرائط أفضل ما يستعمل للقياس المباشر وهي إما من التيل أو الصلب بطول ١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ مترا ( انظر الشكل رقم ٤١) وتكون داخل علبة من الجلد أو حول بكره كما في الشرائط الصلب التي بطول ٥٠ مترا ، والشريط يقسم على أحد الوجهين إلى أمتار وديسمترات وسنتيمترات وتميز الأمتار الصحيحة باللون الأحمر ، وعلى الوجه الآخر يقسم بالأقدام والبوصات إلا أنه من الأفضل أن يكون التدريج على كلا الوجهين بالوحدات المترية ، وفي طرف الشريط حلقة معدنية ليمكن سحب الشريط منها .

ويستعمل الشريط الصلب في الأعمال الدقيقة كالقياس في المدن وفي المشروعات الدقيقة ، وأحسن أنواع الشرائط التيل ما هو مقوي بأسلاك رفيعة من البرونز أو النحاس تساعد على حفظ طول الشريط من التمدد أو الانكماش ، ويجب معايرة الشرائط من آن لأخر للتأكد من طولها وعمل التصحيح اللازم ، والشريط الصلب سريع الكسر إذا أسئ استعماله ويحتاج إلى عناية كبيرة عند العمل به ، كما أنه معرض للصدأ عند تعرضه للرطوبة ويجب مسحه وتنظيفه جيدا قبل حفظه ثم دهنه بطبقة من الزيت أو الشحم ، كما يجب إبعاد الشرائط بأنواعها عن الأرض المبللة أو الرطوبة عامة .

### وهناك أنواع خاصة من الشرائط أهمها :

- **شريط أنفار : ( Invar ) :**

هو أدق أنواع الأشرطة على الإطلاق ويصنع من سبيكة معدنية من النيكل والصلب ( ٢٥% نيكل ، ٦٥ % صلب ) وهذه السبيكة معامل تمددها ضعيف جدا يتراوح بين ٣ ، ٤ × ١٠$^{-٧}$ لكل درجة فهرنهيت ، وتسميته اختصار لكلمة ( Invariable ) .

وقد اكتشف هذه السبيكة د . جويلوم بباريس ، ونسبة معامل تمدده إلى تمدد الصلب ١ : ٣٠ أو ١ : ٦٠ ، ويمكن الحصول على هذا الشريط بطول حتى ٥٠ أو ١٠٠ متر وهو غالي الثمن ، وهذا الشريط لا يستعمل في الأعمال العادية لغلو ثمنه وضرورة اتخاذ العناية الفائقة في استعماله ، وإنما يستعمل في قياس خطوط القواعد في المساحة الجيوديسية ، وفي توقيع

الكباري ، والأعمال الهندسية التي تتطلب دقة عالية ، وفي معايرة الشرائط ، وشريط أنفار يمكن ثنية بسهولة وقابل للتآكل بسهولة من الأحماض وإن كـان يفوق الصلب في عدم التأكسد .

- **الشريط المغطي بالبلاستيك :**

**وهو نوع حديث من الشرائط الصلب ، حيث يغطي الصلب بطبقة مـن البلاستيك الأبيض ، والتدريج عليه باللون الأسود وهذا النوع أخف من نـوع الصلب العادي ، كما يمتاز عليه بأنه غير قابل للصدأ ولا يحتاج في تنظيفـه إلا لقطعة مبللة خفيفا بالماء ، وقد كثرا استعمال هذا النوع أخيرا .**

- مميزات الشريط :

١- يحتفظ بطوله بدرجة تفوق الجنزير .

٢- أخف من الجنزير وزنا وأكثر دقة .

٣- سهل القراءة مباشرة ولا يحتاج إلى عد عقل وتقدير كسور العقل.

- عيوب الشريط :

١- يصعب استعماله في تيارات الهواء الشديدة لتعذر شده أفقيا .

٢-الشريط الصلب سريع التعرض للكسر إذا أسئ استعماله ، ويحتـاج إلـى عناية كبيرة عند العمل به .

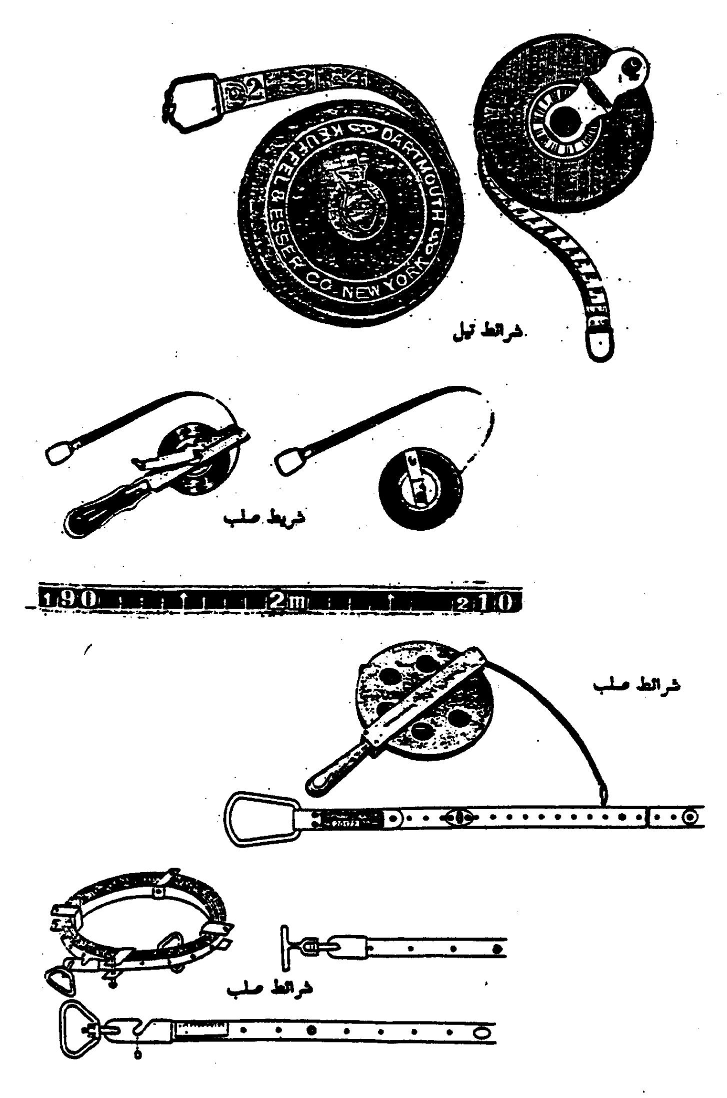
٣- الشريط الصلب معـرض للصـدأ عنـد تعرضـه للرطوبـة ويجـب مسحه بخرقة مبللة قبل لفه ثم تجفيفه ودهنه بطبقة من الزيـت أو الفـازلين عند حفظه .

٤- إذا كسر يتعذر إصلاحه باللحام وهذا يصعب إجراؤه في الغيط ، وهنـاك بعض الآلات يمكن بها إصلاح الأشرطة في الغيط .

**احتياطات في الاستعمال :**

١- يجب إمرار الشريط بين إصبعين عند لف الشريط التيل في علبته ، مـع ضع خرقة منداة بين الأصبعين لإزالة الأتربة .

٢- يجب إبعاده عن الأرض المبللة وعن الماء حتى لا يتأثر طولـه إذا مـا أصابه بلل.


DARTMOUTH
KEUFFEL & ESSER CO-NEW YORK
شرائط تيل
شريط صلب
190
2m
210
شرائط صلب
شرائط صلب

شكل رقم ( ٤١ )

## الأدوات المستخدمة في المساحة بالشريط وطرق استخدامها .

### ١- الشوك : Arrows

عبارة عن أسياخ من الحديد أو الصلب يتراوح أطوالها بين ٣٠ ، ٤٠ سم ، مدببة من أحد طرفيها ليسهل غرسها في الأرض ، أما الطرف الآخر فعلى هيئة حلقة مستديرة ليستخدم كمقبض ، وتستعمل الشوك في تحديد النقط ، وكذلك للتوجيه ولمعرفة عدد طرحات الشريط عند قياس خط خوفا من الخطأ ( شكل رقم ٤٢) .

### ٢- الأوتاد :

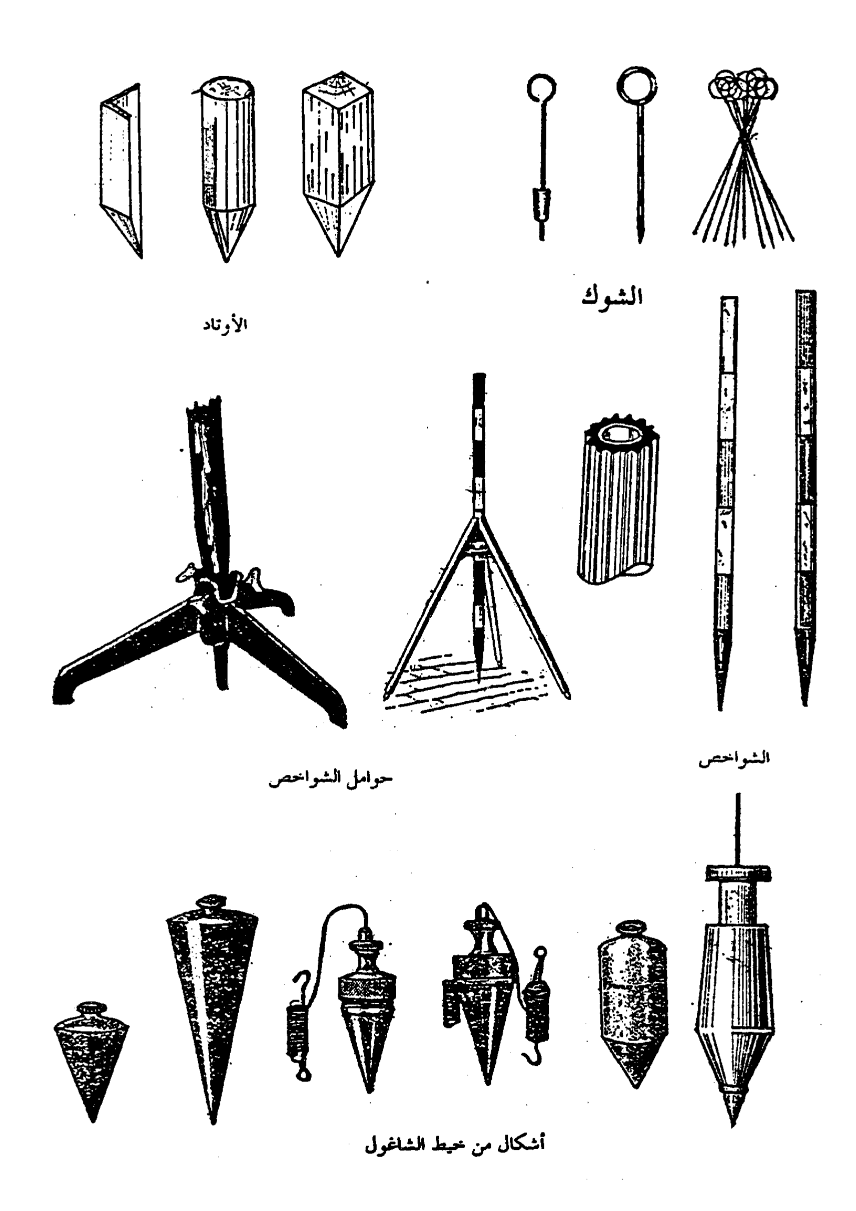
وهي نوعان من الخشب بطول ( ٢٠ - ٣٠ سم ) تقريبا مدببة من أحد طرفيها وقد يكون مضلعا أو مستديرا وقطره يتراوح بين ٣ ، ٥ سم شكل (٤٢) والنوع الثاني من الحديد على هيئة زوايا وهذا النوع يستعمل في الأراضي الصلبة كالإسفلت .

### ٣- الشواخص :

عبارة عن أعمدة خشبية مستديرة أو مضلعة كما في شكل (٤٢) بطول ٢-٣ أمتار وقطرها حولي ٣-٥ سم تقريبا وبأسفل كل منها كعب عبارة عن مخروط حديدي مدبب ليسهل غرسها وتثبيتها في الأرض وحفظها من التآكل ويلون الشاخص بألوان زاهية متبادلة عادة أبيض وأحمر أو يضاف أيضا اللون الأسود ، وطول كل جزء من الألوان نصف متر تقريبا ، حتى يمكن استعماله أحيانا في القياس التقريبي ، وتبادل الألوان يساعد على تمييزها وسط المزارع والمنشآت وقد يوضع علم ملون فوقها .

### ٤- حامل الشواخص :

عبارة عن حامل ذي ثلاث شعب ( شكل رقم ٤٢) من الخشب أو الحديد يوضع بداخله الشاخص عندما تكون الأرض المراد وضع الشاخص فوقها صلبة فيوضع الشاخص داخل الحامل ويحرك حتى يقع سن الشاخص فوق مركز الوتد تماما ، وميزة هذا الحامل هو إمكان حفظ الشاخص راسيا تماما بدون الاستعانة بأي شخص آخر.




شكل رقم ( ٤٢ )

٥- خيط وثقل الشاغول : ( Plumb bob )

عبارة عن ثقل عادي مخروطي الشكل ومعه خيط متين ( شكل ٤٢) ، وهو يستعمل في عملية التسامت أي تعيين المسقط الأفقي لنقطة وفي ضبط رأسية حواف وأركان المباني ، وعلى العموم في الأغراض التي تتطلب تعيين خطوط رأسية .

٦- دفتر الغيط : Field Book

عبارة عن دفتر مستطيل الشكل طوله حوالي ٢٢ سم وعرضه ١٢ سم تقريبا ، ويفتح في اتجاه طوله ، وبوسطه خطان أحمران المسافة بينهما ٢ سم يمثلان خطاً واحدا هو خط الشريط .

ويستعمل دفتر الغيط في رسم كروكي التفاصيل المجاورة لخط الشريط والموجودة على جانبيه ، كما سنذكر فيما بعد ، وكذلك كروكيات النقط المحددة لرؤوس المضلعات وتسجل فيه الإحداثيات الرأسية والأفقية للظاهرات المرفوعة (التحشية ) .

## إقامة وإسقاط الأعمدة لرفع معالم المنطقة :

هناك عدة طرق لإقامة أو إسقاط أعمدة على أضلاع الترافرسات عند إجراء تحشية تفاصيل المنطقة المراد رفعها بأدوات القيا س الطولية :

### *أولاً : طرق إسقاط الأعمدة :*

### أ- في حالة إمكان الوصول إلى النقطة ..

إذا ما أمكن الوصول إلى النقطة المطلوب إسقاطها على خط الشريط فإننا يمكن استخدام **طريقة أقصر بعد** حيث نضع طرف الشريط عند النقطة المطلوب اسقاط عمود منها ولتكن نقطة ( أ ) ثم نحرك الطرف الثاني للشريط ونراقب قراءة الشريط وهو مشدود جيدا فيكون موضع أقل قراءة على الشريط هو مكان العمود ولتكن نقطة ب( شكل رقم ٤٣ ) .

كما يمكن استخدم **طريقة المثلث المتساوي الساقين** تستخدم هذه الطريقة لإسقاط الأعمدة على خط الشريط ، وللقيام بها نثبت أول الشريط عند نقطة د التي نرغب في إسقاط عمود منها على خط الشريط أب ، شكل رقم

(٤٤) ونقطع بأي طول نختاره من الشريط خط الشـريط الأخـر أ ب فـي نقطتين ( س ، ص) ونغرس شوكتين ، تتصف المسافة بين س ، ص فيكـون منتصفها هو موقع التقاء العمود د جـ بالخط أ ب .

**ب- في حالة عدم إمكان الوصول للنقطة :**

١- نفرض أن جـ ( شكل رقم ٤٥ ) هي النقطة التي لا يمكـن الوصـول إليها ، والمطلوب إسقاط العمود منها على أ ب ، نعين د١ على الشريط والتي تمثل مسقط جـ بالتقريب ثم نقيم منها عمودا بإحدى الطرق إقامة الأعمـدة ، فإذا مر العمود بنقطة جـ كان د١جـ هو العمود المطلوب ، وإلا يكرر العمل من نقطة أخرى وهكذا حتى نصل إلى وضع مثل د يمر العمود منـه بنقطـة جـ ، فتكون د هي مسقط العمود .

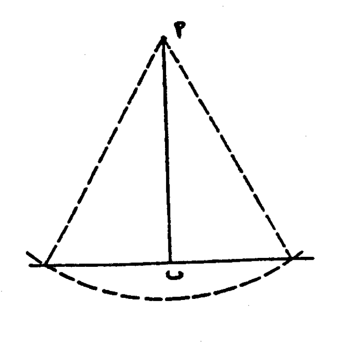
٢- نختار نقطتين مثل هـ ، و على خط الشريط ، بحيث يمكن رؤية جـ من كل منهما شكل (٤٦) ، نسقط من هـ عمود هـ س على الاتجاه و جـ ، وكذلك العمود و ص من و على الاتجاه هـ جـ ، نشد شريطا في كل من اتجاهي العمودين في مكان تقاطعهما تقريبا فتعين نقطة التقاطع ل نتحرك على الشريط أ ب حتى نصل إلى وضع م يكون فيه جـ ، ل على استقامة واحدة فيكون جـ م هو العمود المطلوب ، لأن ل هي ملتقى الأعمدة الساقطة من رؤوس المثلث.

إذا وقعت س أو ص داخل العائق فيمكن تغيير موقع كل من هـ ، و .

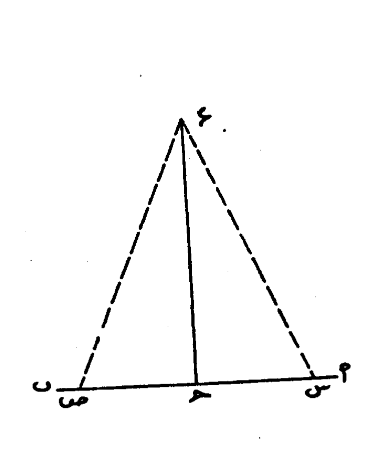
## *ثانيا : طرق إقامة الأعمدة :*

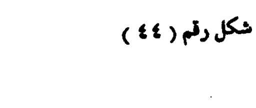
**(١) طريقة المثلث القائم الزاوية ٣ : ٤ : ٥ ( نظرية فيثاغورس ) :**

عندما يكون المطلوب إقامة عمود على خط مستقيم من نقطة عليه ولتكن نقطة ب مثلا شكل (٤٧) ، نفر د شريط ونعين عليه نقط عند القراءات ٣ ، ٧ ، ١٢ متر على التوالي فتكون المسافات هي ٣ ، ٤ ، ٥ ثم نضع النقطة التي عند ٣م عند نقطة (ب) والنقطة التي عند ٧ م عند نقطة (جـ) ثم نوصل نقطة الصفر مع نقطة ١٢م ونشدها عند نقطة (أ) فنحصل على مثلث قائم الزاوية ويكون ( جـ ب ) هو العمود المراد إقامته .

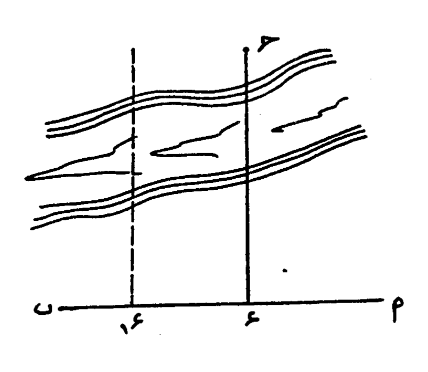


شكل رقم ( ٤٣ )

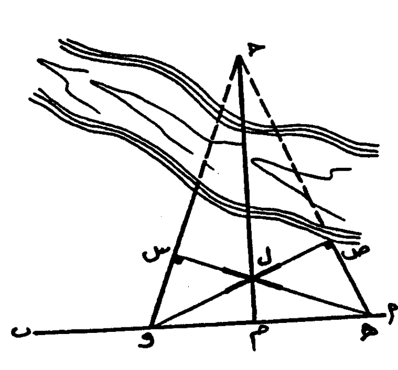




شكل رقم ( ٤٤ )



شكل رقم ( ٤٥ )



شكل رقم ( ٤٦ )

### (٢) المثلث المساح :

المثلث المساح له نوعان ، النوع الأول ويعرف بذو الرأس المكشوفة ويتكون من ذراعين متعامدين طرف كل منهما ينتهي بقائم به شرخ للتوجيه بحيث أن الخط الواصل من شرخين متقابلين يمر بمركز الجهاز وهذا النوع يصلح في الأراضي المكشوفة وشكل (٤٨/أ ) بين النوع الأول وبين شكل (٤٨/ب) النوع الثاني وهو أحدث من النوع السابق ويتكون من منشور ذو ثمانية أوجه أربعة منها تكون زوايا قائمة ، ويوجد عند كل وجه شرخ به شعرة رأسية . أما الأوجه الأربعة الباقية فتحتوي على شرخ رأسي فقط لتعيين الزوايا ٤٥ درجة .

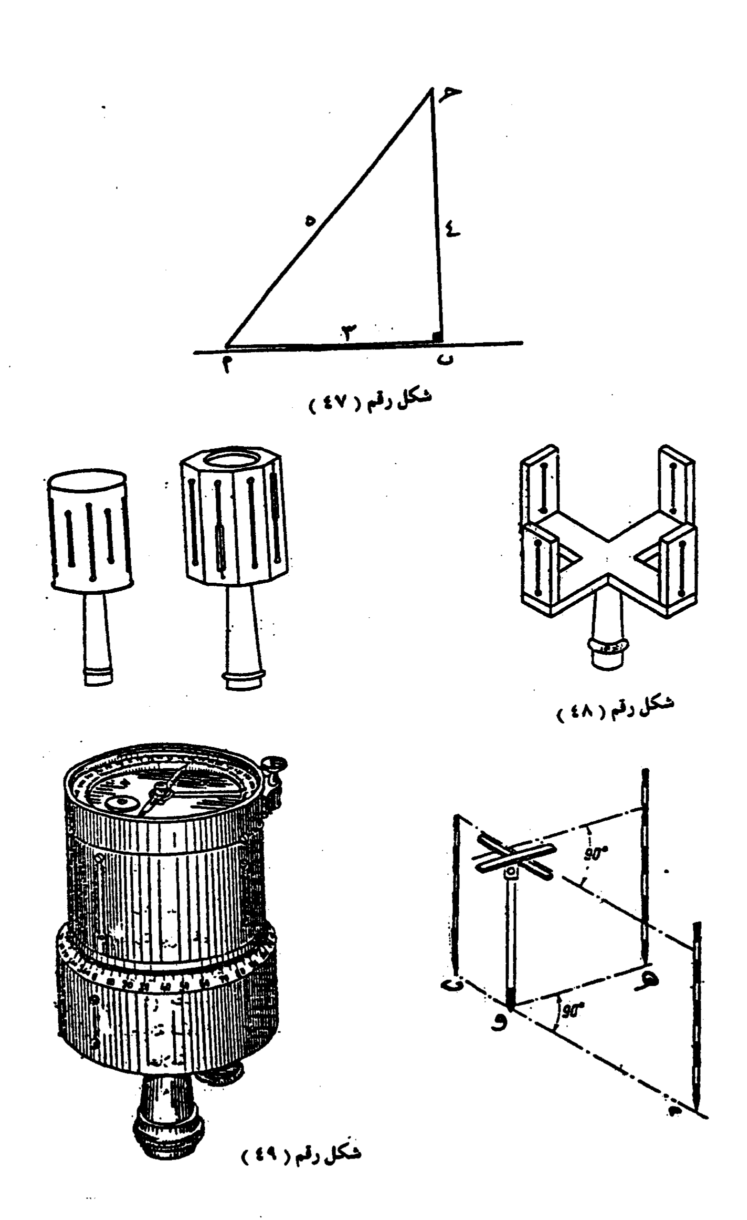
والمثلث المساح يثبت على حامل ذي شعبة واحدة أو على حامل ذي ثلاث شعب ، وفي الحالة الأخيرة يستعمل ثقل الشاغول لعملية التسامت فوق النقطة في الطبيعة ، ويزود بعض أنواع المثلث المساح ببوصلة ، المثلث المساح ينتهي بقاعدة عبارة عن مخروط معدني مجوف يسمح بدوران المثلث حول محوره الرأسي على الحامل ، ويثبت الجهاز على الحامل بواسطة القاعدة .

ويستعمل المثلث المساح في تعيين الاتجاهات ومدها وإقامة الأعمدة عليها وعند استعماله يوضع المثلث على حامله فوق النقطة المراد إقامة الأعمدة منها فإذا فرض اتجاه مثل (أ) (ب) وأريد إقامة عمود عليه من (و) مثلا (شكل رقم ٤٨ جـ) نضع شاخصا في نقطة ب ونضع الجهاز في نقطة (و) ونديره حتى نتمكن من رؤية الشاخص للموضوع في (ب) خلال زوج من الفتحات المتقابلة كما نتمكن من رؤية الشاخص للموضوع في (أ) خلال نفس زوج من الفتحات المتقابلة ثم ننظر خلال الزوج الآخر العمودي ونأمر شخصا يحمل شاخصا بالتحرك حتى نرى الشاخص فيكون معينا للاتجاه العمودي المطلوب وهو و هـ.

ومن أهم عيوب المثلث المساح ما يأتي :

أ-لا يمكن جعله أفقيا تماما .

ب-المسافة بين كل شرخين صغيرة نسبيا فيكون التوجيه غير دقيق .




شكل رقم ( ٤٧ )

شكل رقم ( ٤٨ )

شكل رقم ( ٤٩ )

جـ-لا يمكن إجراء عملية ضبط للمثلث ولكن يمكن تصحيح الخطأ الناتج من الاستعمال ، وذلك بإقامة العمود على الخط مرتين بحيث يدور الجهاز في المرة الثانية ٩٠° ويوجد الوضع الصحيح .

### (٣) المنشور المرئي :

هذا الجهاز أكثر دقة من المثلث المساح وهو أسرع وأحسن الأجهزة الصغيرة لإقامة الأعمدة ، وتعتمد طريقة العمل به على نظرية انكسار الأشعة ، كما أنه يعتبر أول جهاز بصري يستخدم في عملية المساحة بالشريط ونظرية المنشور هي :

إذا سقط شعاع من هدف أو شاخص على مرآتين بينهما زاوية أو على منشور ، وانعكس مرتين داخله فإن الزاوية بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس تساوي ضعف الزاوية بين الوجهين الساقط عليه الشعاع الأول والمنعكس منه الشعاع الأخير ، فإذا جعلت الزاوية بين هذين الوجهين ٤٥° فإن الزاوية بين الشعاعين تساوي زاوية قائمة .

والمنشور المرئي له نوعين هما :

أ-المنشور المرئي المفرد :

عبارة عن منشور زجاجي ذي خمسة أوجه ، اثنان منها متعامدان وجهان آخران سطحهما مفضض ، والعيوب الناتجة من المصنع في هذه الزاوية يمكن إهمالها في الأغراض التي يستعمل فيها الجهاز ، والمنشور مثبت في قاعدة مستديرة لها قائم أو يتدلى منه خيط شاغول للتسامت ، والمنشور يستعمل في الأراضي المستوية فقط .

ب- المنشور المرئي المزدوج :

عبارة عن منشورين مفردين أحدهما فوق الآخر (كما يتضح ذلك في الشكل رقم ٥٠) وفائدته أنه يمكن إقامة الأعمدة من الجانبين في آن واحد بالنسبة لخط السير .

استعمال الجهاز :

أ- إقامة الأعمدة : نضع شاخصين عند بداية ونهاية خط الشريط ثم نضع المنشور المرئي على حامله عند النقطة المراد إقامة عمود منها على خط الشريط حتى نرى صورة الشاخصين في بداية ونهاية خط الشريط على استقامة واحدة خلال المنشورين الزجاجيين ، ثم نقوم بالنظر خلال الثقب

الموجود في القائم ونأمر المساعد بالتحرك وهو يمسك الشـاخص الثالـث ، حتى نرى هذا الشاخص من الثقب فيكون العمود الذي يصل الشاخص الثالث بموضع الجهاز هو العمود الذي يصنع زاوية قائمة على خط الشـريط مـن النقطة المطلوب إقامة عمود منها .

ب- إسقاط الأعمدة : نضع شاخصين عند بداية ونهاية خط الشريط ، وثالث عن النقطة المراد تعيين مسقطها على خط الشريط ، ثم ننظر من ثقب القـائم لنرى الشاخص عند النقطة المراد تعيين مسقطها ، ثم نتحرك إلـى الخلـف حتى نرى صورة الشاخصين عند بداية ونهاية الخط على استقامة واحدة فـي مرآتي المنشور ، وتكون نقطة موضع الراصد هي نقطة إسقاط العمود علـى خط الشريط .

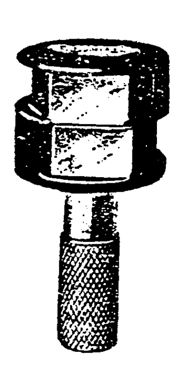
### ٤- البانتوميتر : Pantometer

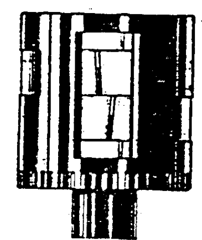
يتركب البانتوميتر من اسطوانتين مجـوفتين مـن النحـاس الأصـفر منكستين فوق بعضهما مع انطباق حافتيهما معا ، ومربوطتين على اسـتقامة محوريهما بحيث يمكن دوران الواحدة على الأخرى .

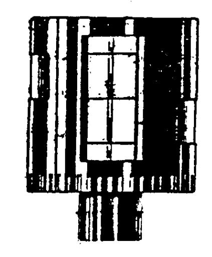
والشكل رقم ( ٥١ ) يوضح تركيب البانتوميتر .

- الاسطوانة السفلى .
- الاسطوانة العليا
- شريط مقسم إلى درجات
- ورنية .
- مسمار ربط الاسطوانة السفلى.
- مسمار تحريك الاسطوانة العليا
- قاعدة الجهاز .

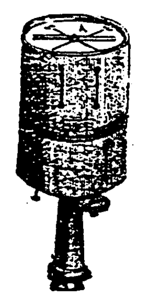
ويوجد في جوانب الاسطوانة العليا أربعـة شـروخ رأسـية ، الخـط الواصل بين الشرخين الثانويين عمودي على الخط الواصل بـين الشـرخين الرئيسيين ، وذلك لتعيين الزوايا القائمـة ، أمـا فـي الاسـطوانة السـفلي فيوجد شرخين متقابلين فقط ، أي أن السفلى بها خط نظر واحد أما الاسطوانة العليا فبها خطا نظر متعامدان على بعضهما ، ويوجد في أعلـى الاسـطوانة السفلى شريط مقسم إلى ٣٦٠° ومرقم على كل ١٠ درجات من صـفر إلـى ٣٦٠ بحيث يحاذي صفر التدريج محور الشرخ الموجود بها .







شكل رقم ( ٥٠ )



شكل رقم ( ٥١ )

ويوجد بالحافة السفلي للأسطوانة العليا ورنية تبين أجزاء الدرجة إلى ٦٠ دقيقة ، ويحاذى سهم الورنية أحد شرخي الاسطوانة العليا ، ومثبت في قاعدة الاسطوانة السفلى قرص معدني مشترك معها في المحور ، وهذا القرص مركب على قرص آخر مساو له في القطر ، بحيث يمكن دوران الأول على الثاني حول محور واحد هو محور الاسطوانتين ، ويتصل القرص السفلى برأس مخروط أجوف يستعمل كقاعدة للجهاز يركب في قمة الحامل عند الاستعمال .

وفي قاعدة الاسطوانة السفلى ربطت قطعة معدنيـــة بواســطة مســمار محوري ، بحيث إذا ربط تضغط القطعة المعدنية القرص السفلي إلى القرص العلوي ، وبذلك تمنع دوران القرصين على بعضهما ، أو بعبارة أخرى يمنــع دوران خط نظر الاسطوانة السفلى ، ويعرف هذا المسمار باسم مسمار ربــط الاسطوانة السفلى ، وتدار الاسطوانة العليا بواسطة رأس مسمار آخر ينتهــي طرفه الداخلي بقرص دائري يدور مع ترس أخر مثبت بتلــك الاســطوانة ، وبذلك يمكن أن يدار خط قطر الاسطوانة العليا حول خط قطــر الاســطوانة السفلى في أي اتجاه ، ومثبت في الاسطوانة العليا بوصلة تستعمل عند اللزوم ، لتعيين انحرافات أضلاع الزوايا التي تقاس بالجهاز إذا طلب ذلك .

ولاستعمال البانتوميتر في قياس زاوية في مستوى أفقي يركــب فــوق حامله ، وبعد ذلك يرصد الشاخص المحدد لضلع الزاوية الأيمن على استقامة خط نظر الاسطوانة السفلى ، وبعد جعل الشــرخين المتقــابلين فــي اتجــاه الشاخص تماما يربط المسمار حتى لا تدور الاسطوانة السفلي بعد ذلك ، ثــم يوجه خط نظر الاسطوانة العليا في اتجاه الشاخص المحدد لضــلع الزاويــة الأيسر ، وذلك بتحريك رأس المسمار ، وبعد جعل الشرخين المتقــابلين فــي اتجاه الشاخص تقرأ الزاوية التي يعينها سهم الورنية على تقاسيم الاســطوانة السفلي فتكون هي مقدار الزاوية المقيسة .

أما لاستعمال البانتوميتر في إقامة عمود على خط الشريط فيركب فوق حامله ، وبعد ذلك يرصد الشاخصين الموجودين عند بداية ونهاية الخــط أ ب ، بحيث يكون موضع حامل البانتوميتر والشاخصين على اســتقامة واحــدة ، وذلك بمساعدة الشرخين المتقابلين في الاسطوانة السفلي ، وبعد ذلــك يــربط المسمار حتى لا تدور الاسطوانة السفلي ، ثم يوجه خط نظر الاسطوانة العليا

بحيث يصنع زاوية مقدارها ٩٠° وينظر الراصد في الشـرخين المتعامـدين على الخط أ ب ويشير إلى مساعدة لكي يتحرك بشاخص ثالث حتـى يـرى الشاخص على امتداد خط نظر الشرخين ، ثم يشير له بتثبيت الشاخص فـي هذا الموضع ، ويكون الضلع المرسوم من هذا الشاخص إلى نقطة البانتوميتر عمودي على الخط أب .

## قياس أطوال الأضلاع بالشريط :

تعتبر قياس الأطوال والزوايا أساس أعمال الرفع المساحي وعملية قيـاس الأضلاع تتم عن طريق توقيعه وتقسيمه باستخدام الشواخص ، فيما يعـرف بعملية التثليث ، ويمكن تقسيم طرق القياس بالنسبة بطبيعة الأرض إلى .

### ( أولاً ) : القياس على أرض مستوية تقريبا :

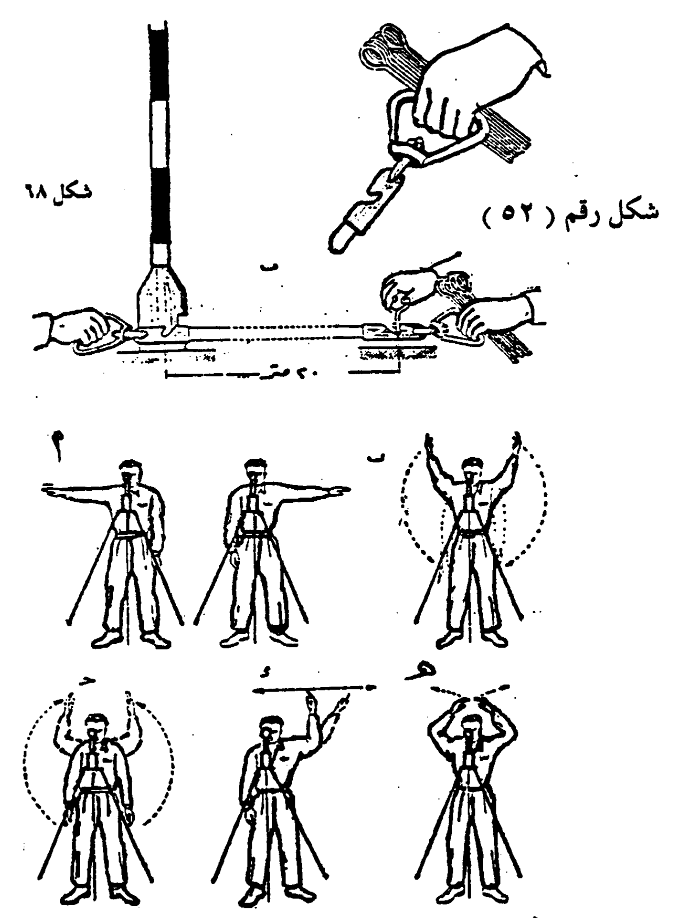
**١- إذا كان طول الخط أقل من طول الشريط المستخدم .**

نمد الشريط بين الوتدين المحددين لبداية ونهاية الخط أو الضلع المـراد قياسه بحيث يكون مستقيما ومشدودا أفقيا تماما والحد الخارجي لإحدى طرفي الشريط عند نقطة ابتداء الخط ، ومن ثم نعين ما يقرأه الشريط عنـد نقطـة انتهاء الخط فيتعين الطول مباشرة .

وعادة عند قياس أطوال الأضلاع بالشريط تستخدم شوك حديدية طولها ٢٠-٤٠ سم مدببة من أحد طرفيها والطرف الآخر على شكل حلقة تسـتخدم كمقبض للشوكة بحيث تغرس في الأرض عند الوتد المحـدد لبدايـة الخـط والوتد المحدد لنهايته بحيث يمكن بدء القياس – أو الانتهـاء منـه – عنـد الشوكة المغروسة ، ولسهولة رؤية الشوك المغروسة في الأرض يربط فـي الحلقة شريط ملون لتميزها عن ما حولها من معالم .

وعند استعمال الشريط بأنواعه المختلفة في القياس يراعـي أن تكـون العلامة المميزة لبداية طوله عند الشوكة المثبته عند نقطة بداية الخط .

وشكل ( ٥٢ ) يبين قياس طول خط قصير نقطة بدايته محددة بشـوكة ونقطة نهايته محددة بوتد والشريط المستخدم من الصـلب ومـن النـوع ذو العلامات المميزة للسنتيمترات والديسيمترات وأنصاف الأمتار ، وله مجـرى في أوله تحدد بداية طوله ، حيث ثبت الشريط في الشـوكة عنـد المجـرى وكانت القراءة عند نهايته ١٢,٠٢٣ م حيث عينت المليمترات بالتقريب .




شكل رقم ( ٥٢ )

ا ـ أشارة لطلب زحزحة الشاخص أو الشوكة إلى اليمين أو إلى اليسار .

ب ـ أشارة بخفض الشاخص وتثبيته فى موضعه .

حـ ـ أشارة برفع الشاخص من موضعه .

د ـ أشارة بتصحيح رأسية الشاخص .

هـ ـ أشارة بانتهاء العمل .

شكل رقم ( ٥٣ )

**٢- إذا كان طول الخط أطول من الشريط المستخدم .**

يقف أحد المساعدين ومعه شاخص بين الشاخصين المعلـومين بينما يكون الراصد واقفا خلف الشاخص الأمامي ويرصد الشاخص الخلفي وفي نفس الوقت يشير إلى مساعدة أن يتحرك إلى اليمين أو اليسار وبيده الشاخص إلى أن تقع الشواخص الثلاثة على استقامة واحدة ، وبذلك يمكن تحديد هذه النقطة بغرس شوكة من الحديد في الأرض ، وبتكرار العمل يمكن تقسيم الخط إلى أقسام أقل من طول الشريط وعند التوجيه يجب البدء بالشاخص الأبعد ثم الأقرب للراصد حتى لا تعوق الشواخص الأمامية عملية التوجيه ، والشكل رقم ( ٥٣) يوضح الإشارات المتفق عليها لإجراء عملية التوجيه .

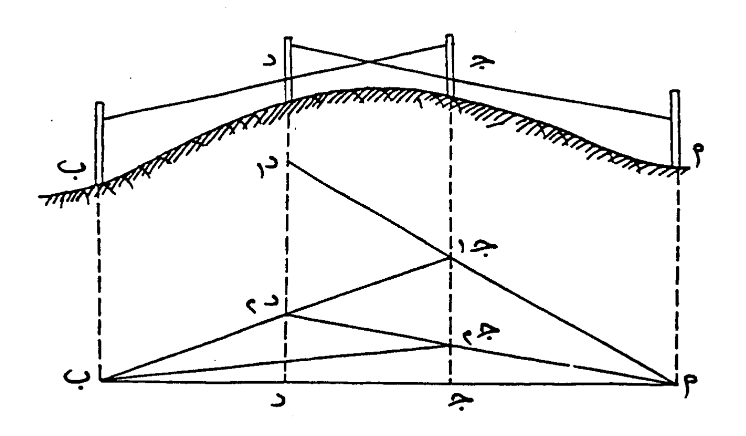
والشواخص ( Range Poles ) المستخدمة في عملية التوجيه تصنع من الخشب وبأطوال من ٢ إلى ٥ متر وقطاعها إما أن يكون مستديرا أو ثماني الشكل بقطر في حدود من ٣-٥ سم وبأسفل الشاخص يوجد كعب عبارة عن مخروط حديدي مدبب ليسهل غرسها وتثبيتها في الأرض ، ويلون الشاخص بألوان زاهية متبادلة أبيض وأحمر وأسود لسهولة تمييزها في الموقع وطول كل جزء من الألوان نصف متر حتى يمكن استعماله أحيانا للقياس التقريبي ( كما سبق القول ) .

**٣- إذا كان الخط طويلا بحيث يتعذر رؤية نهايته :**

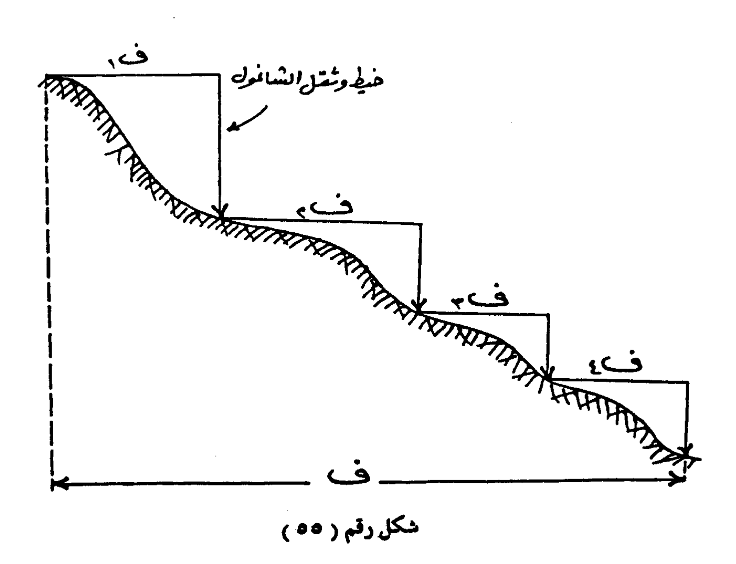
إذا فرض أن أ ب هو الخط المطلوب قياسه ، وطوله كبير بحيث يتعذر رؤية أ من ب بوضوح شكل ( ٥٤ ) .

أ- في هذه الحالة نختار نقطتين مساعدتين مثل جـ ، د بحيث يمكن رؤية كل من أ ، ب من النقطتين جـ ، د أي يستطيع الراصد وهو واقف في د أو جـ مشاهدتهما وأن تكون النقطتان أقرب ما يمكن من اتجاه الخط أ ب .

ب- يبدأ الراصدين عند كل من النقطتين جـ ، د في توجيه كل منهما للآخر فيتحرك الراصد عند نقطة جـ إلى الداخل في اتجاه أ ب حتى يصل إلى الوضع جـ ١ ( شكل ٥٤) وتكون د١ جـ١ أ على استقامة واحدة ثم يتحرك الراصد الآخر إلى الوضع د٢ حتى يصبح جـ ١ ، د٢ ، ب على استقامة واحدة .




شكل رقم ( ٥٤ )




شكل رقم ( ٥٥ )

جـ- تستمر عملية التوجيه حتى نحصل على النقط جــ ن ، د ن ، بحيث د ن ، جــ ن ، أ على استقامة واحدة ، وكذلك النقطة جــ ن ، د ن ، ب ، وبذلك يكون الخط أ ب قد تجزأ إلى ثلاثة أجزاء ويمكن قياسه بسهولة .

## ( ثانيا ) : القياس على أرض غير منتظمة الانحدار :

يستخدم في القياس شاخص من الخشب بطول ٥ متر ومعه ميزان تسوية وخيط شاغول ويمكن قياس الخط على طرحات بطول ٥ متر كما في الشكل رقم (٥٥) .

وتتبع في هذه الحالة طريقة السلالم وتتم بطريقتين .

**الأولى** : يبدأ القياس من النقطة العليا للمنحدر فيمسك المساعد الأول طرف الشريط أو بداية الشريط ، ويمسك المساعد الثاني جزء من أجزاء الشريط وليكن علامة ٥ متر ( يتوقف اختيارها على شكل التغير في تضاريس الأرض ، حيث تختار المسافات التي يناظرها فرق ارتفاع معقول بين طرفي المسافة ) ثم يشد الشريط أفقيا في اتجاه أب بحيث يكون أحد طرفيه على سطح الأرض عند (أ) أما الطرف الآخر فيكون مرتفعا بحيث يكون هذا الجزء من الشريط أفقيا ، وذلك بالاستعانة بميزان التسوية الذي يمسكه المساعد الأول ( شكل رقم ٥٦ ) ، وبالاستعانة بخيط وثقل الشاغول يتحدد الاتجاه الرأسي عند نهاية الجزء الأفقي من الشريط ($ف_١$) ، ويتحدد مسقط النهاية على سطح الأرض (١) ، والتي منها يتم قياس جزء جديد $ف_٢$ أفقي حيث مسقط نهايته على سطح الأرض هو النقطة (٢) ، والتي يبدا منها القياس من جديد .. وهكذا ، وبذلك يكون الطول الأفقي للخط أ ب مساوياً .

مجموع الأجزاء الأفقية $ف_١ + ف_٢ + ف_٣ +$ ............

**الثانية** : يمكن قياس المسافات الأفقية $ف_١ + ف_٢ + ف_٣ +$ ...... عن طريق أن يمسك المساعد الأول ببداية الشريط ويتجه إلى أول نقطة يتغير عندها انحدار سطح الأرض ولتكن النقطة (١) في الشكل رقم (٥٧) ثم يضع طرف الشريط على ركبته تقريبا ، في حين يقف الراصد في نقطة بداية الخط المطلوب قياس طوله وهي نقطة أ ، ويقوم بوضع جزء الشريط (ولتكن القراءة م مثلا ) على ركبته أيضا ، وبذلك يتحدد لنا الطول بين النقطتين على المائل (م) بفرض تساوى الارتفاع من أسفل القدم حتى الركبة لكل من الشخصين ثم يقوم شخص ثالث بتعيين زاوية ميل الشريط عن الوضع الأفقي تقريبا ، وذلك باستخدام الكلينومتر .

بهذه الطريقة يمكننا حساب المسافة المائلة م وزاوية الانحدار هـ بين أ ، ١ وعن طريقهما يمكن أن نحصل على المسافة الأفقية ف١ عن طريق القانون التالي:

**ف = م جتا هـ**

وبتكرار هذه العملية نحصل على المسافات الباقية ، وبجمعها نحصل على طول الخط أ ب المراد قياس طوله .

## الكلينومتر : The Clinometer

يستعمل الكلينومتر لإيجاد انحدار سطح الأرض ، وأبسط أنواعه عبارة عن لوحة مستطيلة من الخشب شكل (٥٨) مرسوم عليها منقلة نصف دائرية يتدلى من مركزها خيط معلق به ثقل شاغول ، والجهاز له قاعدة من الخشب أيضا ولاستعمال الجهاز في قياس زاوية الانحدار نضع الكلينومتر على سطح المنحدر فنجد أن خيط الشاغول يأخذ وضعا رأسيا دائما وينطبق على قراءة على المنقلة وهي زاوية الانحدار المطلوب ( شكل ٥٩) .

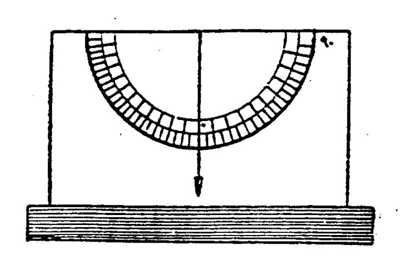
و للكلينومتر أنواع أخرى منها النوع المبين في شكل (٦٠) ، وهو يتركب من ساقين مستقيمين موضوعين أحدهما فوق الآخر ومتصلين عند أحد طرفيهما بمفصلة بحيث يمكن تقريب وإبعاد الطرفين الآخرين عن بعضهما حسب الحاجة ، وفي هذه الحالة تصغر أو تكبر الزاوية بين الساقين ، ولمعرفة مقدار الزاوية يوجد بنهاية الساقين قوسان ينزلق أحدهما على الآخر ، أحدهما مقسم إلى درجات وأجزاء الدرجات ومثبت بالساق العلوي ، والقوس الآخر مثبت بالساق السفلي ومبين عليه علامة على صفر القوس الأول عندما يكون حرفا الساقين منطبقين على بعض ، وبأعلى الساق العلوي ميزان تسوية .

ولاستعمال هذا الجهاز يلزم وضع لوح أو شاخص على الأرض المائلة لأخذ متوسط التعرج في سطح الأرض ، ثم نضع قاعدة الجهاز على الانحدار ونرفع الذراع حتى يصير أفقيا ( الفقيعة في منتصف مجراها ) فتكون الزاوية هـ بين الذراعين هي الزاوية المطلوبة .

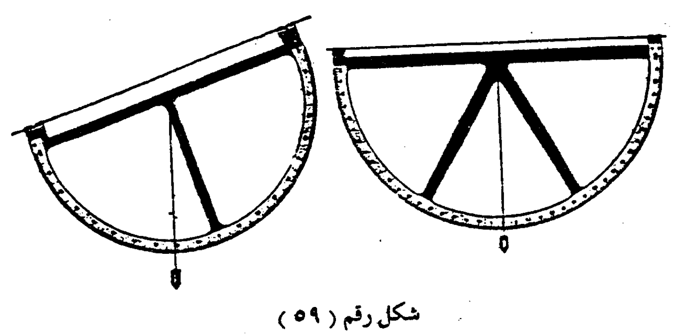



شكل رقم ( ٥٦ )

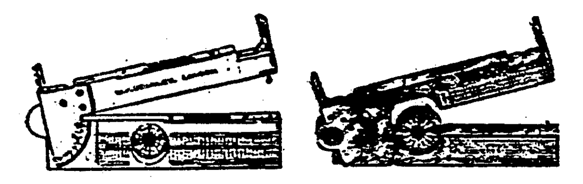
شكل رقم ( ٥٧ )




شكل رقم ( ٥٨ )



شكل رقم ( ٥٩ )



شكل رقم ( ٦٠ )

## ثالثا : القياس على أرض منتظمة الانحدار .

إذا كانت الأرض منتظمة الانحدار أو مكونة من عدة انحدارات منتظمة فيمكن قياس المسافة المائلة (م) مباشرة ثم تحسب المسافة بإحدى الطريقتين :

**١- إذا أمكن إيجاد فرق الارتفاع (فرق المنسوب) بين النقطتين فتكون** المسافة الأفقية :

$$ف = \sqrt{م^٢ - ع^٢}$$ ............ حيث

ف = المسافة الأفقية

م = المسافة المائلة

ع = فرق المنسوب

**٢- بقياس زاوية ميل الأرض :**

المسافة الأفقية ف = م جتا هـ ............. حيث

م = المسافة المائلة .

هـ = زاوية الانحدار ( ميل الأرض عن المستوى الأفقي ) .

وقد أمكن التوصل إلى معادلة تقريبية وتعطي الدقة المطلوبة باعتبار أن الزاوية هـ بالدرجات مباشرة ويمكن الاستغناء عن الجداول الرياضية .

$$ف = ٠,٠٠٠١٥ \times م \times هـ^٢$$

وفي قياس الأطوال يجب القياس مرتين على الأقل ذهابا وإيابا على أن يكون الفرق بين كل من القياسين لا يزيد عن ٢ سم ولا يتعدى بأي حال من الأحوال ٥ سم في مسافة طولها ١٠٠ متر وإلا يكون من الضروري قياس الخط مرة ثالثة وأخذ المتوسط بعد استبعاد القراءة التي بها فرق كبير.

**٣- بمعرفة نسبة انحدار سطح الأرض .**

ونسبة الانحدار هي عبارة عن النسبة بين البعد الرأسي والمسافة الأفقية ، فإذا فرضنا أن نسبة الانحدار هي ١ : ن ( ١ رأسي : ن أفقي )

$$\therefore \text{المسافة الأفقية ف} = \frac{م}{٢ن^٢}$$ ..... حيث

م = المسافة المائلة

ن = القيمة اليسرى لنسبة الانحدار ( للأفقي )

ويطبق هذا القانون في الحدود التالية :

في القياسات الدقيقة ن لا تقل عن ٢٠

في أعمال الترافرسات ن لا تقل عن ١٢

في القياسات بالشريط ن لا تقل عن ٥

كما يمكن تطبيق قانون آخر بمعرفة المسافة المائلة ، ونسبة الانحدار وهو .

$$\text{المسافة الأفقية ف} = \frac{\text{م} \times \text{ن}}{\sqrt{\text{ن}^{٢} + ١}} \quad \text{..... حيث}$$

م = المسافة المائلة .

ن = القيمة اليسرى لنسبة الانحدار ( للأفقي )

**مصادر الأخطاء في قياس الأطوال بالشريط وتصحيحاتها .**

في أي أرصاد لابد وأن توجد أخطاء في قياس أطوال الخطوط نتيجة أسباب عديدة مثل :

١- التغير في طول الشريط نتيجة لإصلاحه بعد قطعه أو لانحناء بعض أجزائه أو تأثير درجة الحرارة أو كل هذه العوامل .

٢-الترخيم الناتج أثناء القياس نتيجة فرده كاملاً .

٣-انحرافات القياس وذلك نتيجة لسوء عملية التوجيه أثناء تقسيم الخط .

٤- عدم الدقة في تحديد نقطة البداية والنهاية للخطوط .

لذا يجب أن نجعل الخطأ لا يتعدى نسبة معينة ، ونسبة الخطأ المسموح به تتوقف على طبيعة العمل والغرض المطلوب ، ولذا يجب أن نعرف مصادر الأخطاء وكيفية حساب التصحيحات اللازمة لتلافيها .

وفيما يلي نقدم أهم مصادر الأخطاء في القياس بالشريط وكيفية حساب التصحيحات للحصول على الطول الأفقي للخط المقاس .

### أولا : طول الشريط غير مضبوط :

أي أن الطول الحقيقي لا يساوي الطول الإسمي وقد يكون أقل أو اكبر ويرجع ذلك إلى اختلاف درجات الحرارة وتغيير طوله نتيجة إصلاحه بعد قطعه ، ويجب معايرته من آن لآخر ، ويصحح طول الخط المقاس بشريط غير مضبوط كما يلي :

$$\text{الطول الحقيقي للخط} = \frac{\text{الطول المقاس} \times \text{الطول الحقيقي للشريط}}{\text{الطول الأسمي للشريط}}$$

أما في حالة قياس مساحة شكل ما عن طريق الشريط غير المضبوط فتكون المساحة الحقيقية كما يلي :

$$\text{المساحة الحقيقية} = \frac{\text{المساحة المقاسة} \times (\text{الطول الحقيقي للشريط})^2}{(\text{الطول الاسمي للشريط})^2}$$

**مثال (١٨) : قيس طول ضلع بشريط ينقص طوله ١٠ سنتيمترات عن طوله الاسمي فكان طوله ١٩٠ مترا ، ما هو الطول الحقيقي للخط .**

**طريقة الإجابة :-**

الطول الاسمي للشريط = ٢٠ متر

الطول الحقيقي للشريط = ٢٠ متر − ٠,١٠ = ١٩,٩ م .

$$\therefore \text{الطول الحقيقي للخط} = \frac{١٩٠ \times ١٩,٩}{٢٠} = ١٨٩,٠٥ \text{ متر}$$

**مثال (١٩) : قيس طول ضلع بشريط يزيد ١٥ سنتيمترات عن طوله الاسمي فكان طوله ٢٥٠ مترا ، ما هو الطول الحقيقي للضلع .**

**طريقة الإجابة :-**

الطول الاسمي للشريط = ٢٠ متر

الطول الحقيقي للشريط = ٢٠ متر + ٠,١٥ = ٢٠,١٥م .

$$\therefore \text{الطول الحقيقي للخط} = \frac{٢٥٠ \times ٢٠,١٥}{٢٠} = ٢٥١,٨٨ \text{ متر}$$

**مثال (٢٠) : قيست مساحة قطعة أرض بشريط ينقص ١٨ سنتيمترات عن طوله الاسمي فكانت المساحة ٣٠٠ م$^{٢}$ ، ما هي المساحة الحقيقية لقطعة الأرض.**

**طريقة الإجابة :-**

الطول الاسمي للشريط = ٢٠ متر

الطول الحقيقي للشريط = ٢٠ متر – ٠,١٨ = ١٩,٨٢ م .

$$\therefore \text{المساحة الحقيقية لقطعة الأرض} = \frac{٣٠٠ \times (١٩,٨٢)^{٢}}{(٢٠)^{٢}} = ٢٩٤,٦٢ \text{ م}^{٢}$$

**مثال (٢١) : قيست مساحة قطعة أرض بشريط يزيد ١٤ سنتيمترات عن طوله الاسمي فكانت المساحة ٥٠٠ م$^{٢}$ ، ما هي المساحة الحقيقية لقطعة الأرض .**

**طريقة الإجابة :-**

الطول الاسمي للشريط = ٢٠ متر

الطول الحقيقي للشريط = ٢٠ متر + ٠,١٤ = ٢٠,١٤ م .

$$\therefore \text{المساحة الحقيقية لقطعة الأرض} = \frac{٥٠٠ \times (٢٠,١٤)^{٢}}{(٢٠)^{٢}} = ٥٠٧,٠٢ \text{ م}^{٢}$$

## ثانيا : ترخيم الشريط الناتج عن فرده كاملا .

عند معايرة الشريط يكون عادة مفرودا فوق سطح مستوى ولكن عند استعمال الشريط في القياس قد يستدعى الأمر في بعض الأحيان أن يكون الشريط محملا من طرفيه فقط ، وعلى هذا فإنه لا يكون مستقيما كما كان في حالة المعايرة بل يأخذ شكل قوس طوله هو طول الشريط (ل) أما المسافة الأفقية (ف) المطلوب إيجادها فهي المسافة بين نقطتي التعليق ، والعلاقة التي تربط بين (ل) ، (ف) هي :

$$ف = ل - \frac{٨ت^{٢}}{٣ل} - \frac{٣٢ت^{٤}}{٥ل^{٣}} - \ldots\ldots$$

حيث ت = مقدار الترخيم الحادث في منتصف الشريط
وبذا يمكن حساب الخطأ الناتج من الترخيم من المعادلة

$$\text{ح}_1 = \text{ل} - \text{ف} = \frac{8\text{ت}^2}{3\text{ل}} + \frac{32\text{ت}^4}{15\text{ل}^3}$$

الحد الثاني في الطرف الأيسر غالبا صغيرا جدا ويمكن إهماله .

**مثال (٢٢) : قيست مسافة بشريط طوله ٢٠ متر وكان الترخيم في كل الشريط ١٧ سم عند المنتصف . ما طول الخط الحقيقي إذا كان نتيجة القياس ٣٠٠ متر .**

**طريقة الإجابة :-**

$$\text{الخطأ في الشريط الواحد} = \frac{8 \times (17)^2}{3 \times 2000} = 0.39 \text{ سم}$$

ملحوظة : ٢٠٠٠ نتجت عن طريق تحويل طول الشريط إلى السنتيمترات.

$$\text{طول الخط} = \frac{300}{20} = 15 \text{ شريط}$$

$$\text{الخطأ في ١٥ شريط} = 15 \times 0.39 = 5.85 \text{ سم}$$

**مثال (٢٣) : ما المسافة الأفقية بين طرفي سلك طوله ٩٠٠ متر إذا كان الانحناء عند المنتصف ٣٠ مترا باستعمال الحد الأول من المعادلة ثم باستعمال الحدين من المعادلة.**

**طريقة الإجابة :-**

✱ باستعمال الحد الأول من المعادلة :

$$\text{ح} = \frac{8\text{ت}^2}{3\text{ل}} \quad \therefore \quad \text{ح} = \frac{8 \times (30)^2}{3 \times 900} = 2.67 \text{ متر}$$

$$\therefore \text{المسافة الأفقية} = 900 - 2.67 = 897.33 \text{ م}$$

* باستعمال الحدين من المعادلة :

$$ح = \frac{8ت^{2}}{3ل} + \frac{32ت^{4}}{15ل^{3}}$$

$$\therefore ح = \frac{8 \times (30)^{2}}{3 \times 900} + \frac{32 \times (30)^{4}}{15 \times (900)^{3}}$$

$\therefore$ ح = ٢,٦٧ + ٠,٠٠٢٤ = ٢,٦٧٢٤

$\therefore$ المسافة الأفقية = ٩٠٠ م – ٢,٦٧٢٤ م = ٨٩٧,٣٢٧٦ متر

وبذا نرى أنه في حدود ما نقابله في حياتنا في الأعمال المساحية العادية يمكن إهمال الحد الثاني من المعادلة .

## ثالثا : *الخطأ في التوجيه ( انحراف القياس ) .*

ينتج عن خطأ التوجيه القياس في خط منكسر بدلا من الخط المستقيم ، وبذلك نحصل على طول أكبر من الحقيقة ، ولا يجوز الانحراف أكثر من بضعة سنتيمترات ، ولتلافي ذلك نستعمل إحدى آلات التوجيه البسيطة بدلا من الاكتفاء بالتوجيه بالعين المجردة ، ويمكن تصحيح الخطأ بالمعادلة ( $ع^{2}$ / ٢م ) حيث (ع) هنا تساوي مقدار الانحراف عن الاتجاه الصحيح ، (م) هي الطول المقاس .

**مثال (٢٤) : قيس خط وكان به خطأ في التوجيه قدره ٢,٦٠ متر ، ما الطول الحقيقي للخط إذا كان الطول المقاس ٢٠٠ متر .**

**طريقة الإجابة :-**

$$\text{مقدار الخطأ} = \frac{ع^{2}}{2م} = \frac{(2,6)^{2}}{2 \times 200} = 0,017 \text{ مترا}$$

$\therefore$ **الطول الحقيقي للخط = ٢٠٠ – ٠,٠١٧ = ١٩٩,٩٨ مترا**

**مثال (٢٥) : قيس خط وكان به خطا في التوجيه قدره ٩٤ سنتيمترا ، ما الطول الحقيقي للخط إذا كان الطول المقاس ٦٠ متر .**

**طريقة الإجابة :-**

$$\text{مقدار الخطأ} = \frac{ع^2}{٢\,م} = \frac{(٠,٩٤)^2}{٢ \times ٦٠} = ٠,٠٠٧٤ \text{ مترا}$$

∴ الطول الحقيقي للخط = ٦٠ – ٠,٠٠٧٤ = ٥٩,٩٩٣ مترا

## رفع منطقة وعمل التحشية بواسطة الشريط :

عملية الرفع هي بيان المعالم الموجودة في منطقة ما سواء كانت طبيعية أو صناعية على خرائط بمقياس رسم مناسب ، وطريقة الرفع بالشريط تعتبر من أبسط طرق الرفع المساحي وأرخصها تكلفة .

ولإجراء عملية الرفع لمنطقة ما باستخدام الشريط مع بعض الأدوات البسيطة نتبع الخطوات الآتية :

### أولا - استكشاف المنطقة : ( Reconnaissance ) .

يتم التعرف علي المنطقة التي سيتم عمل خريطة لها ، وذلك بالمرور فيها و التعرف عليها وتكوين فكره شاملة عن حالة المنطقة ومواقع التفاصيل داخلها بالنسبة لحدودها ، وما تحتويه المنطقة من معالم طبيعية ، ومن أعمال صناعية ، كوجود مباني وشوارع وقنوات وبرك وكباري ... الخ ، حتى يمكن اختيار أحسن المواقع للنقط التي سوف نختارها لتكوين وتشكيل الهيكل العام الذي سيستخدم لرفع المنطقة.

### ثانيا : كروكي المنطقة : ( sketch ) .

بعد إجراء الاستكشاف للمنطقة يتم المرور فيها مرة أخرى ورسم كروكي شامل لها يبين جميع التفاصيل الصناعية والطبيعية ، ويطلق علي هذا الكروكي أحيانا اسم اسكتش المنطقة . والكروكي يرسم في دفتر متوسط الحجم ذو صفحات مسطرة أو غير مسطرة ٢٢×١٢ سم تقريبا يطلق عليه اسم دفتر الغيط. ويستحسن عند رسم الكروكي وأية بيانات أخرى ضرورية أن يتم رسم خط رأسي يتوسط الصفحة ، وعند عمل الكروكي يجب أخذ النقط الآتية في الاعتبار .

١- استخدام قلم رصاص في الرسم حتى يمكن إجراء التعديلات والتغيـرات التي يتضح عدم مطابقتها للطبيعه.
٢- يكون الكروكي واضح وأن يحتوي علي أكبر كمية من التفاصيل .
٣- يكتب تاريخ العمل والرصد ويعطي هذا الكروكي في دفتر خـاص بـه يعرف بدفتر الغيط.

### ثالثا : اختيار وتثبيت نقط المضلع وتكوين الهيكل العام :

لما كانت أدوات القياس الطولي هي الأساس في رفع المضلع ( الهيكـل العام ) لذا يراعي عند اختيار مضلع المنطقة أن يكون علي شكل مجموعـة من المثلثات المتلاصقة حيث أن المثلث هو الشكل الهندسـي الوحيـد الـذي يمكن رسمة وتوقيعة علي لوحة بمعلومية أطوال أضلاعه فقط ، وعلي ذلـك فعند اختيار نقط المضلع في الطبيعة يجب أن تكون مـع بعضـها مثلثـات ،وعموما يراعي في انتخاب نقط المضلع ما يلي :

١- أن يكون الخط في أماكن ليس بها عقبات في القياس أو التوجية.
٢- أن تكون الخطوط أقرب ما يمكن للتفاصيل حتى يمكن عمـل الحشـية بسهولة ودقة.
٣- أن تكون النقط سهلة الوصول إليها .
٤- يجب أن يكون التثبيت تثبيتا دائما بحيث تظل النقطة في مكانها أكبر وقت ممكن.
٥- يعمل لكل نقطة من نقط المضلع كروكي خاص بهـا يمكـن بواسـطته الوصول إليها بسهولة.

وبعد انتخاب مواقع النقط تثبت النقط بأوتاد خشبية في الأراضـي غيـر الصلبة ، أو وضع شواحض علي حوامل في الأرض الصلبة ، أو دق زوايـا حديدية او مسامير فيها تكون رؤوسها في مستوي سطح الأرض .

وبعد الانتهاء من اختيار وتثبيت النقط في الطبيعة توقع مواضعها علـي الكروكي العام بالتقريب ، ويتم التوصيل بين النقط علـي الكروكـي بـاللون الأحمر أو أي لون مخالف للون الذي رسم به الكروكي ، وذلـك للحصـول علي شكل المضلع المستخدم ، وتوقع نقط المضلع بأرقام أو حروف .

### رابعا : كروكي النقط :

بعد توقيع أماكن النقط الرئيسية علي الكروكي العام نعمل كروكيات لكل نقطه علي حده ، وذلك برسم المنطقة المحيطة بها موضحا عليها ثلاثة أشياء ثابتة ، ثم نعين بعد النقطة عن هذه الثوابت بالشريط ، علي أن تكون هذه النقط الثابتة الثلاثة واقعة في اتجاهات مختلفة بالنسبة لنقطة المضلع ، وتستخدم منها بعدين البعدين لنعين موقع النقطة في حالة فقدها أو عدم إمكان الحصول عليها ، والبعد الثالث يكون للتحقيق٠

### خامسا : قياس أطوال أضلاع الهيكل الأساسي .

بعد الانتهاء من الخطوة الرابعة وتحديد ثم تثبيت نقط المضلع نهائيا نبدأ في قياس الأطوال ، وذلك بحيث يكون قياس كل خط مرتين علي الأقل ذهابا وإيابا وفي كل مرة تعمل عمليه التوجيه وتوقيع الخط من جديد ، ويأخذ المتوسط بعد مراعاة أن لا يكون الفرق أكبر من المسموح به٠

**جدول رقم ( ١) الفروق المسموح بها في قياس خط ذهابا وإيابا**

| طول الخط | ٣٠٠ | ٤٠٠ | ٦٠٠ | ٨٠٠ | ١٠٠٠ | نسبة الفرق إلى طول الخط | حالة القياس |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الفرق | ٠,١٢ | ٠,١٦ | ٠,٠٢٤ | ٠,٠٣٢ | ٠,٠٤ | ١ : ٢٥٠٠٠ | ممتاز |
| المسموح | ٠,٠٢٤ | ٠,٠٣٢ | ٠,٠٤٨ | ٠,٠٦٤ | ٠,٠٨ | ١ : ١٢٥٠٠ | جيد |
| به | ٠,٠٦٠ | ٠,٠٨٠ | ٠,١٢٠ | ٠,١٦٠ | ٠,٢٠ | ١ : ٥٠٠٠ | متوسط |

### سادسا : التحشية .

هي عملية رفع تفاصيل وحدود المنطقة بالنسبة للخطوط الرئيسية للمضلع ، وذلك بطريقة الإحداثيات باعتبار أن اتجاه الخط هو المحور الأفقي (المحور السيني ) وتدريجه يبدأ من إحدى النهايتين ، والمحور الرأسي ( المحور الصادي ) هو الاتجاه العمودي الذي يحدد بواسطة الأجهزة والطرق المختلفة الخاصة بإسقاط وإقامة الأعمدة وعملية التحشية تجري كالتالي :

١- إذا كان المطلوب تحشية الخط أ ب مثلا فإننا نفرد الشريط علي هذا الخط عند بدايته ، وذلك بعد إجراء عملية التوجيه ، ثم نرسم كروكي للمنطقة المحيطة بهذا الخط٠

٢- نحدد إحداثيات نقط التفاصيل المطلوبة وذلك بإسقاط أعمدة منها على الخط ، ونقيس أطوال هذه الأعمدة بالشريط (الإحداثي الصادي) مع تحديد بعد مسقط كل نقطة على الخط عن أوله ( الإحداثي السيني ) ويتم كتابة هذه الأبعاد على الكروكي الخاص بتحشية الخط ، بحيث يكتب البعد الممثل الإحداثي السيني للنقطة على الخط ، والبعد الممثل للأحداثي الصادي للنقطة مجاورا للنقطة كما هو مبين في الشكل (٦١) .

وتكرر هذه العملية لكل النقط المحيطة بالخط الواحد ، وعند الانتهاء من تحشية أي خط يتم تحشية خط آخر ، ويلاحظ أن هناك نقط تفاصيل يمكن تحشيتها من أكثر من خط ، ويعتبر ذلك بمثابة تحقيق العمل عند توقيع هذه التحشيات على لوحة الرسم عند اعداد الخريطة .

٣- يراعي عند إجراء التحشية للتفاصيل أن تختار النقط الآتية :

أ- نقط التغير في اتجاه خطوط التفاصيل .

ب- أركان المباني والمنشآت .

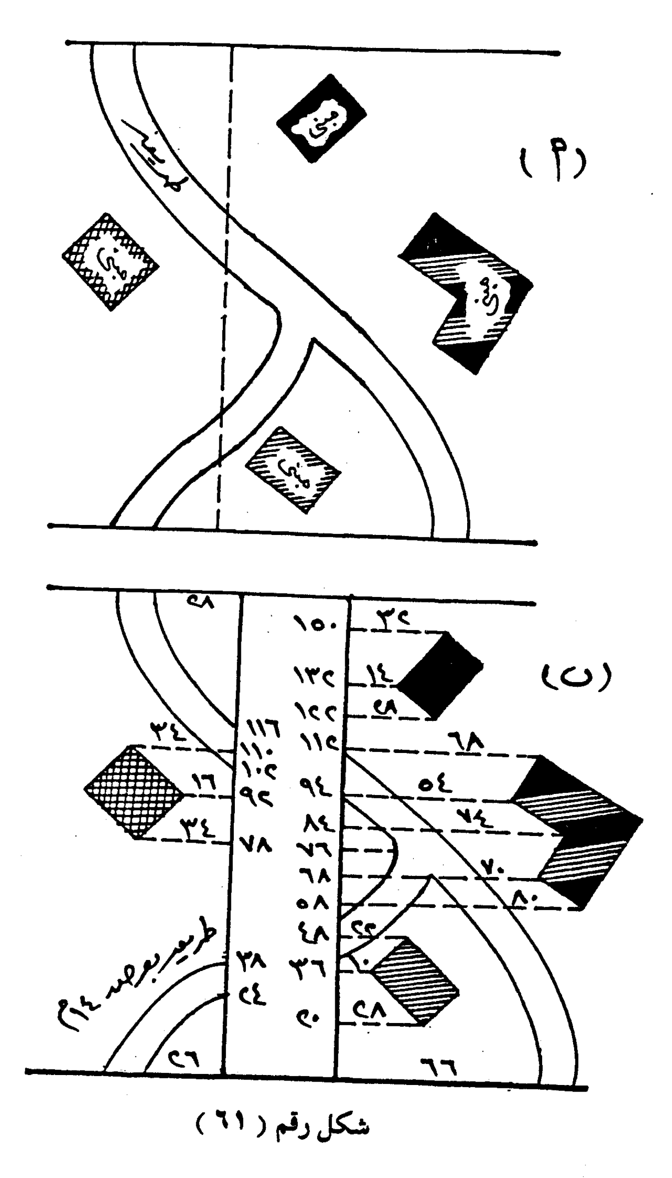
جـ- نقط على مسافات متساوية عندما تكون التفاصيل على شكل منحنى ، كذلك نقط عند وجود تغير في الانحناء ( شكل ٦٢ ) .

د-للحدود المستقيمة تؤخذ تحشية لنقطة أول الحد ونقطة آخره ، أما إذا كان الحد المستقيم طويلا فتأخذ عليه نقطة متوسطة أو أكثر إضافية للتحقيق .

هـ- إذا كانت هناك مباني فتؤخذ لها التحشية بأربطة أو أعمدة أو امتدادات .

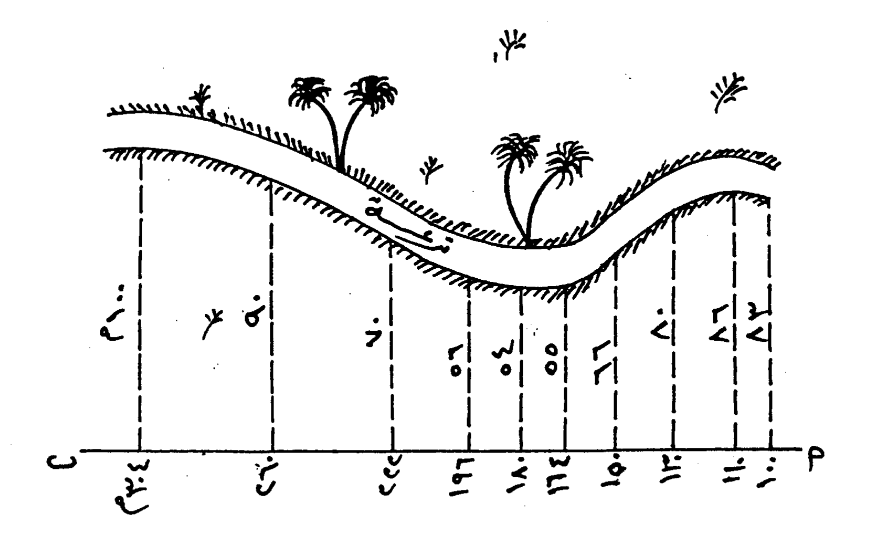
٤- يحدد مقياس رسم الخريطة بعد معرفة أبعاد الورقة والهيكل ، وهو بدوره يحدد مدى الدقة التي يجب أن يصل إليها القياس حتى يكون في بعض الأحيان ليس من الضروري أخذ تفاصيل لا يسمح مقياس الرسم المستعمل بتوقيعها بدقة مثال ذلك :

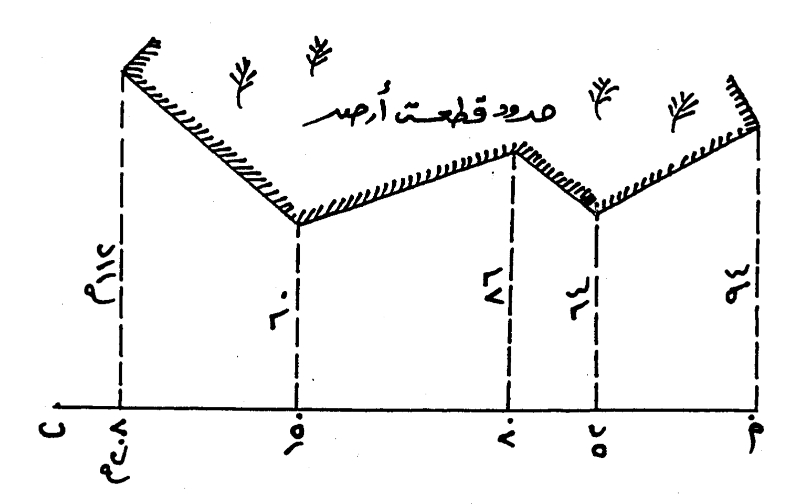
إذا كان مقياس الرسم المستعمل $\frac{1}{200}$ وسمك القلم المستعمل في الرسم هو $\frac{1}{4}$ مم فيكون أقل طولا على الطبيعة يمكن توقيعه هو ٥ سم والأبعاد الأصغر من ذلك لا يمكن أن تظهر في الرسم وفي مقياس رسم $\frac{1}{5000}$ يمكن توقيع مسافة على الطبيعة طولها ١٢,٥ م وهذا يعادل ( ١ / ٤ ) مم على الخريطة أي سمك قلم الرسم .



( أ )
مبنى
مبنى
مبنى
مبنى
( ب )
١٥٠
١٣٢
١٢٢
١١٢
٩٤
٨٤
٧٦
٦٨
٥٨
٤٨
٣٦
٢٠
١١٦
١١٠
١٠٢
٩٢
٧٨
٣٨
٢٤
٣٢
١٤
٢٨
٦٨
٥٤
٧٤
٧٠
٨٠
٣٤
١٦
٣٤
٢٦
٦٦


شكل رقم ( ٦١ )





**شكل رقم ( ٦٢ )**

### سابعاً : تحقيق العمل .

وهو ضروري جدا في أعمال المساحة فعند القياس لابد من أخذ بعض الأطوال الزائدة حتى يمكن عن طريقها تحقيق العمل فعلا ، فمثلا في أي شكل رباعي يكفى لرسمه أربعة أضلاع وقطر ، وإذا قسنا القطر الثاني فيكون للتحقيق ، أي يمكن مقارنة طول هذا القطر بطوله على الخريطة بعد التوقيع ، وهذا التحقيق يساعد على اكتشاف أي خطأ يكون قد حدث أثناء القياس أو التوقيع تأكيدا من سلامة مقياس الرسم في جميع أجزاء الخريطة .

### ثامنا : رسم الخريطة .

بعد الانتهاء من عمل الحقل ترسم الخريطة بمقياس رسم مناسب في المكتب وتعين عليها تفاصيل المنطقة مع استعمال المصطلحات والرموز المساحية .

ولإنشاء خريطة للمنطقة التي تم رفعها تتبع الخطوات التالية :

(أ) ينتخب مقياس رسم يتناسب مع أبعاد اللوحة التي ستوقع عليها الأرصاد المسجلة ، وذلك إذا لم يكن هناك التزام بمقياس رسم معين ، ويراعى أن يتناسب هذا المقياس مع مساحة المنطقة التي تم رفعها ، كما يتناسب مع الأبعاد التي تم قياسها وتسجيلها في دفتر الغيط وملائما للدقة المطلوبة ، ويحسن رسم مقياس رسم خطي أو شبكي تبعا للدقة المطلوبة في أحد أركان اللوحة ، وذلك لقياس الأرصاد عليها بدلا من تحويل هذه الأرصاد تبعا لمقياس الرسم النسبي أو الكسري حسابيا .

(ب) بعد ذلك يتم رسم المضلع الذي استخدم كهيكل أساسي لعملية الرفع والمكون من مجموعة من المثلثات ، وذلك بالابتداء برسم أطول ضلع فيه واعتباره خط القاعدة لرسم باقي الأضلاع ، على أن يرسم هذا الضلع في مكان من لوحة الرسم يسمح لبقية الخطوط والتفاصيل حولها بأن تكون داخل حدود الورقة وفي مكان مناسب منها ، ويستعان في ذلك بكروكي المنطقة المرسوم في دفتر الغيط ، ثم انطلاقا من خط القاعدة يتم رسم المثلثات المتتالية المكونة للمضلع واحدا بعد الآخر بمعرفة أطوال الأضلاع وبطريقة تقاطع الأقواس التي أنصاف أقطارها تمثل طولي الضلعين الآخرين في المثلث ومراكزها هي بداية ونهاية الخط المرسوم في هذا المثلث .

ويراعى إجراء التحقيق أولا بأول لكل مثلث رسم أو لكل مثلثين مكونين لشكل رباعي مستخدمين في ذلك أطوال الخطوط الإضافية المقاسة والتي يجب أن تكون مطابقة للأطوال المناظرة للخطوط المرسومة على اللوحة بمقياس الرسم ، وعادة تبين مواقع النقط الرئيسية للهيكل بدوائر صغيرة مبينا بجوارها الأرقام أو الحروف الدالة عليها .

(جـ) توقع التحشية التي يتم تسجيلها على خطوط الشريط في دفتر الغيط بأن تعين كل نقطة بإحداثيها الرأسي ثم الأفقي ، مع مراعاة موقعها بالنسبة لخط الشريط على يمينه أو يساره طبقا لاتجاه الخط ، ويتم توصيل هذه النقط وفق الكروكي المرسوم لكل خط شريط في دفتر الغيط ، ومقارنة ذلك بالكروكي للمنطقة . وبذلك يتم إنشاء خريطة تفصيلية للمنطقة بمقياس رسم دقيق .

**تطبيقات على القياس بالشريط:**

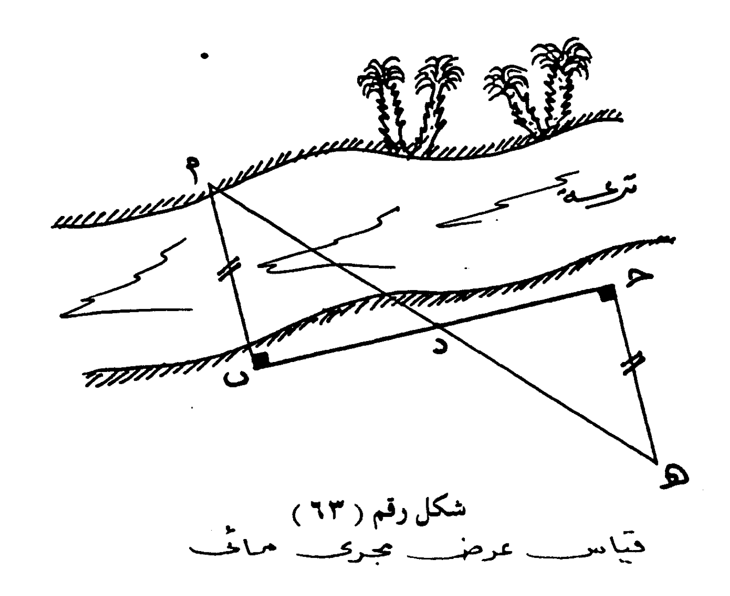
١- *قياس عرض مجرى مائي* :

لقياس عرض الترعة أ ب شكل رقم ( ٦٣ ) نجرى الآتي :-

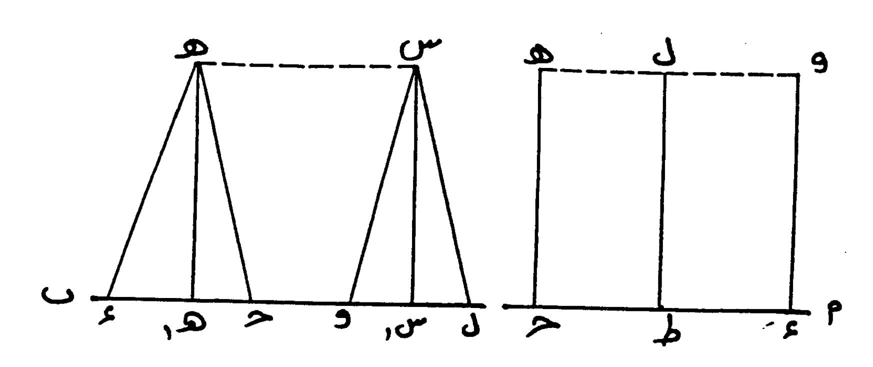
نركز بالمثلث المساح فوق نقطة ب ونقيم العمود ب جـ على الخط أ ب ثم ننصف المسافة ب جـ في نقطة د ونضع فيها شاخصا ثم نقف بالمثلث المساح في نقطة جـ ونقيم العمود جـ هـ على الخط جـ ب . وعلى التابع الذي سيحدد نقطة هـ مراعاة التوجيه على الشاخص الموجود في د ، بحيث يخفي الهدف الموجود في أ . فينشأ لدينا المثلثان المتساويان د ب أ ، د جـ هـ ويكون طول أ ب = طول جـ هـ الذي يمكن قياسه مباشرة .

٢- *تعيين خط من نقطة موازي لخط الشريط* :

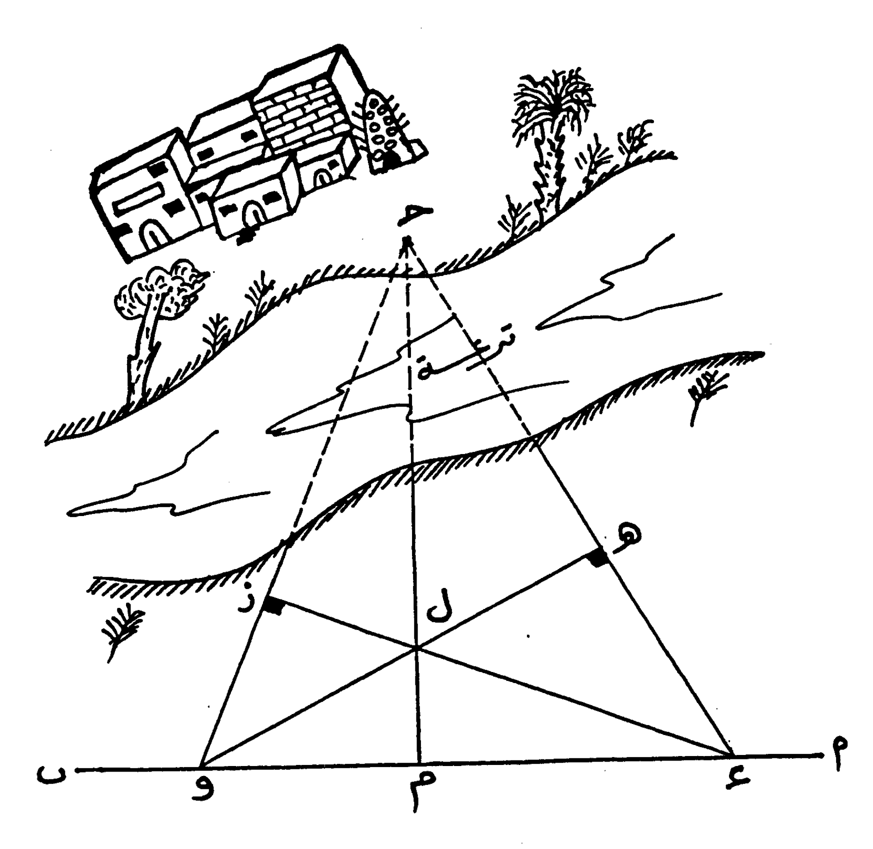
أ- في شكل ( ٦٤) نفرض أ ب هو خط السير والنقطة المطلوب رسم موازي منها هي ( هـ ) نسقط العمود هـ جـ من هـ ونقيس طوله من نقطة د على بعد مناسب من جـ نقيم العمود د ويساوي هـ جـ فيكون و هـ الموازي لمطلوب ، لتحقيق العمل يحسن عمل عمود ثالث مثل ط ل ثم التأكد من أن و ، ل ، هـ على استقامة واحدة .




شكل رقم ( ٦٣ )
قياس عرض مجرى مائى




شكل رقم ( ٦٥ ) شكل رقم ( ٦٤ )
تعيين خط من نقطة موازى لخط الشريط




شكل رقم ( ٦٦ )

اسقاط عمود من نقطة لا يمكن الوصول إليها

ب- في شكل (٦٥) نأخذ نقطتين جـ ، د على خط الشريط ونقيس أضلاع المثلث هـ جـ د ، نعين المثلث ل و س مثل المثلث هـ جـ د تماما نصل س هـ فيكون هو الموازي المطلوب ، يحسن إسقاط العمودين هـ هـ١ ، س س١ ولتحقيق العمل يجب أن يكون هـ هـ١ = س س١ .

### ٣- إسقاط عمود من نقطة لا يمكن الوصول إليها :

أ- نفرض أننا نريد إسقاط عمود من نقطة جـ التي لا يمكن الوصول إليها ، على خط الشريط أ ب ، نقف في نقطة د ونوجه نحو جـ ونضع شاخصا في نقطة هـ على الاتجاه د جـ . ومن نقطة هـ نقيم العمود هـ و . وعلى التابع أن يراعى أن تكون نقطة و على الخط أب . ثم نسير على الاتجاه و جـ محاولين إسقاط عمود من نقطة د عليه حتى نصل إلى نقطة ز ( مسقط العمود ) ، فيلتقي العمودان هـ و ، ز د في نقطة ل التي يمكن منها إسقاط العمود ل م . وبذلك نعين مسقط جـ على الخط أ ب شكل رقم (٦٦ ) وتعتمد هذه الطريقة على النظرية الهندسية التي تثبت أن الأعمدة النازلة من رؤوس المثلث على أضلاعه المقابلة لهذه الرؤوس تتلاقى كلها في نقطة واحدة .

### ٤- إيجاد ارتفاع مبنى :

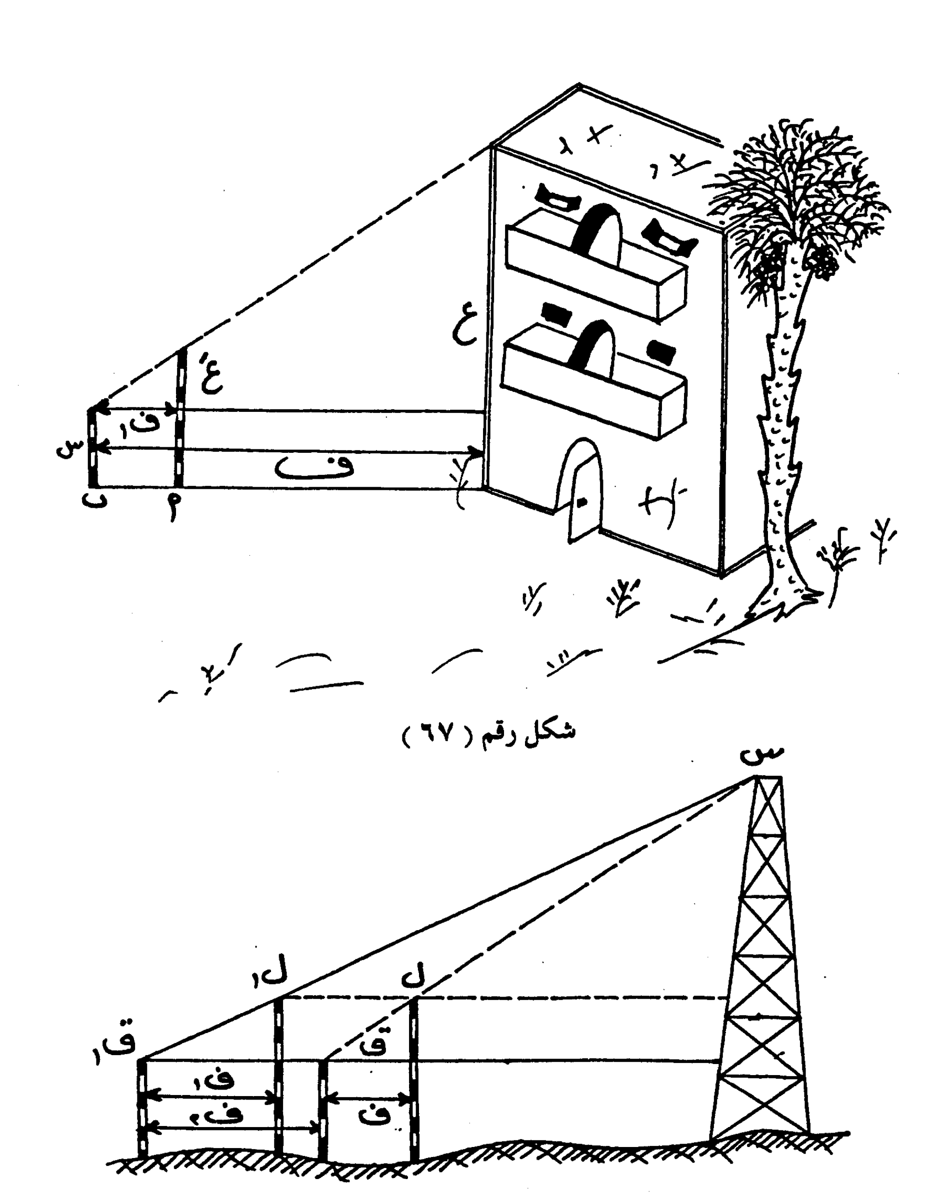
**عندما يمكن الوصول إلى قاعدة المبنى ولكن لا يمكن الوصول إلى قمته :**

نضع شاخصا في نقطة أ وعلى بعد مناسب من المبنى المطلوب تقدير ارتفاعه . ثم نضع شاخصا آخر أصغر طولا وليكن في نقطة ب ، مع مراعاة أن يكون خط النظر بين قمته وقمة الشاخص السابق والحافة العليا للمبنى على استقامة واحدة . تقاس المسافة بين الشاخص الموجود في نقطة ب والمبنى ولتكن ف وكذلك نقيس ارتفاع الشاخصين شكل رقم (٦٧) .

فيكون ارتفاع المبنى ( ع )

$$= \frac{\text{الفرق بين طول الشاخصين} \times \text{ف}}{\text{ف}_1} + \text{طول الشاخص الأصغر}$$

$$\text{أو ع} = \frac{\text{ع} \times \text{ف}}{\text{ف}_1} + \text{س}$$




شكل رقم ( ٦٧ )

شكل رقم ( ٦٨ )

♣ **عندما لا يمكن الوصول إلى قمة أو قاعدة المبنى .**

أ- في شكل (٦٨) نختار شاخصين أحدهما قصير والآخر طويل ونضعهما على استقامة واحدة مع الهدف ، وبحيث أن قمتيهما ( ق ، ل ) وقمة الهدف س تكون على استقامة واحدة .

ب- نحرك الشاخصين إلى وضع آخر أبعد حتى تستوفي شرط أن ق١ قمة الشاخص القصير ، ل١ قمة الشاخص الطويل ، س تكون على استقامة واحدة .

جـ- نقيس المسافة بين الشاخصين في الوضع الأول ولتكن ( ف ) والمسافة بين الشاخصين في الوضع الثاني ولتكن ( ف١ ) وكذلك المسافة بين الشاخصين القصيرين في الوضعين ولتكن ( ف٢).

من تشابه المثلثات يمكن إيجاد ارتفاع الهدف من المعادلة التالية :

ارتفاع الهدف =

$$\frac{\text{الفرق بين طولي الشاخصين} \times (ف_2)}{(ف_1 - ف)} + \text{طول الشاخص القصير}$$

٥- *إذا اعترض مانع سلبي قياس خط الشريط :*

إذا كان المطلوب قياس طول الخط أ ب الذي يعترضه مستنقع يعوق القياس ولكنه لا يمنع الرؤية ، لذلك نقيم على الخط أب العمودين جـ د ، و هـ بحيث يتجاوز طولهما عرض المستنقع ويراعى أن يكون طولهما متساويان ، نقيس المسافة د هـ التي حالت دون قياسها ( شكل رقم ٦٩ ) .

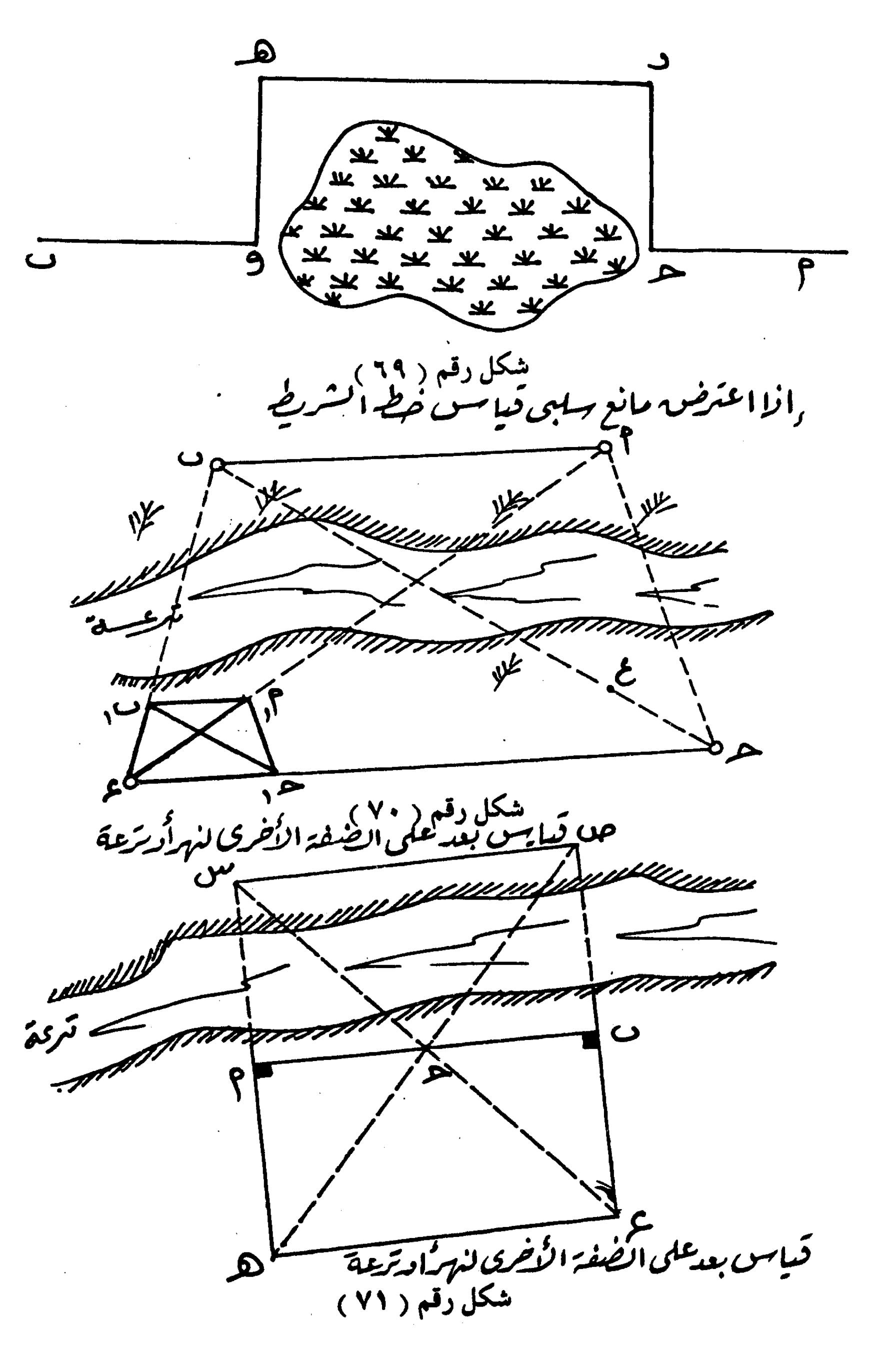
٦- *قياس بعد على الضفة الأخرى لنهر أو ترعة :*

أ- نفرض أننا نريد إيجاد المسافة بين أ ، ب ولا يمكن الوصول إليهما لوجود المجرى المائي شكل رقم ( ٧٠ ) .

ب- نأخذ أي خط قاعدة مثل جـ د ونقيس طوله بدقة . نختار جـ١ ، أي نقطة عليه ونرسم منها موازي للخط جـ أ الذي يعينه الشاخصان جـ ، س ، نعين نقطة تقاطع الموازي مع الاتجاه أ د في أ١ .

جـ- من جـ١ نرسم موازي للخط جـ ب الذي يعينه جـ ، وشاخص آخر مثل ع على الاتجاه ب جـ فيقطع هذا الموازي الاتجاه ب د في ب١ وينتج لنا . الشكل أ١ جـ١د ب١ يشابه الشكل أ ب د جـ .

ويكون أب = أ١ ب١ × $\frac{\text{جـ د}}{\text{جـ}_1\text{ د}}$




شكل رقم ( ٦٩ )

إذا اعترض مانع سبيل قياس خط الشريط

شكل رقم ( ٧٠ )

قياس بعد على الضفة الأخرى لنهر أو ترعة

قياس بعد على الضفة الأخرى لنهر أو ترعة

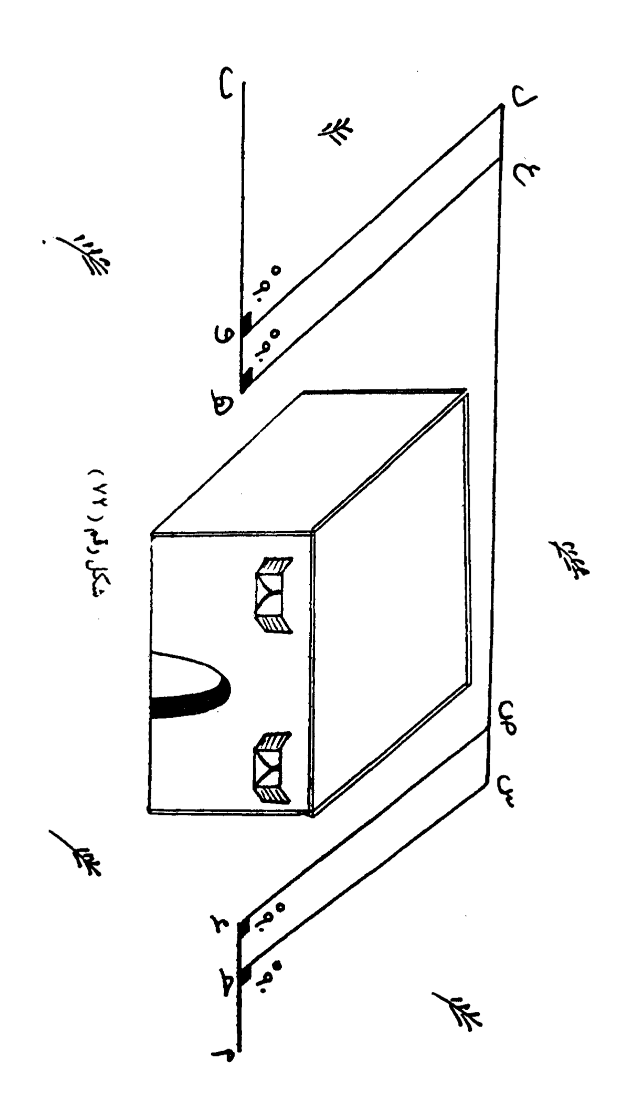
شكل رقم ( ٧١ )

**طريقة أخرى :**

في الشكل رقم (٧١) س ، ص ظاهرتان على ضفة نهـر والمطلـوب إيجاد البعد بينهما على أن يتم الرصد كاملا على الضـفة المقابلـة ، نركـز بالمثلث المساح فوق نقطة أ ونقيم العمود أ س على الخط أ ب ، ثم ننصـف المسافة أ ب في نقطة جـ ونضع فيها شاخصا ، نقف بالمثلث المسـاح فـي نقطة أ ونقيم العمود أ د على الخط أ ب . وعلى التابع الذي سيحدد نقطـة د مراعاة التوجيه على الشاخص الموجود في جـ بحيث يخفي الهدف الموجود في س ، فينشأ لدينا المثلثان المتساويان س أ جـ ، جـ ب د ، نتجه إلـى أ التي يوجد بها شاخص ثم نتجه إلى الخلف عمودي على الخـط أ ب بحيـث يخفى الشاخص الموجود في نقطة أ ، وعلينا مراعاة التوجيه على الشـاخص الموجود في جـ بحيث يخفي الشاخص الموجود عند جـ ، كما يخفى الهدف الموجود عند ص ، وينشأ لدينا مثلثان متشابهان مرة أخرى أ جـ هـ ، ب جـ ص . وفي هذه الحالة يكون طول الضلع هـ د مساويا لطول الضلع المراد قياس طوله وهو س ص .

### ٧- *إذا اعترض مانع إيجابي القياس والتوجيه :*

وتستخدم هذه الطريقة إذا كان المطلوب قيـاس طـول خـط تعترضـه مبان تمنع رؤية الطرف الآخر من الخط كما تمنع القيـاس المباشـر بـين الطرفين . في هذه الحالـة نقـيم العمـودين المتسـاويين جـ س ، د ص على الخط أ د شكل رقم (٧٢) ، ومن نقطتي س ، ص نقـيم خطـا علـى امتدادهما في اتجاه الطرف الآخر ، ونعين عليه نقطتي ع ، ل . ومن نقطتي ع ، ل نقيم عمودين طولهما يساوي طـول العمـودين جـ س ، د ص ، فنعين بذلك نقطتي هـ ، و . نصل بينهما ونمـد خطـا فنجـد أنـه ينتهـي إلى نقطة ب " أو بالقرب منها إذا لم يكن التوجيـه دقيقـا " ويصـبح طـول أ ب = طول أ د + طول ص ع + طول هـ ب .



شكل رقم (٧٢)

# تمارين محلولة على المساحة بالشريط

**مثال (٢٦) : تم رفع قطعة أرض بخط الشريط س ص فكانت الإحداثيات الموجودة بصحيفة دفتر الغيط كما في الشكل الآتي ( رقم ٧٣) . والمطلوب توقيع حدود هذه الأرض بمقياس رسم ١/٢٠٠٠ وحساب مساحتها بالأمتار المربعة .**

**طريقة الإجابة :**

نقوم برسم الخط أ ط وطوله ١٨٠ مترا طبقا لمقياس الرسم المطلوب ثم نرسم الإحداثيات حسب الأبعاد المبينة أمام كل منها ، سواء الأبعاد الرأسية عن أول الشريط (أ) ، وهي المذكورة في العمود الأوسط من صحيفة دفتر الغيط ، أو الأبعاد الأفقية حسب ما هو مذكور عليها ، ويراعى أن تكون على الجانب الأيسر أو الأيمن للشريط طبقا لما هو مبين بدفتر الغيط ، ثم نصل بين نهايات هذه الإحداثيات ، فنحصل على شكل قطعة الأرض كما في الشكل رقم (٧٤).

ولإيجاد مساحة قطعة الأرض هذه : نلاحظ أنها مقسمة إلى مثلثات قائمة الزاوية أو أشباه منحرفات فتحسب مساحة كل شكل على حده ثم تجمع فيكون لدينا مساحة الشكل كله .

١- مساحة المثلث أ ب ت = $\frac{١}{٢}$ ( القاعدة × الارتفاع )

= $\frac{١}{٢}$ ( ٤٥ × ٣٠ ) = ٦٧٥ مترا مربعا

٢- مساحة شبه المنحرف ب ت جـ جـَ = $\frac{١}{٢}$ ( مجموع القاعدتين) × الارتفاع .

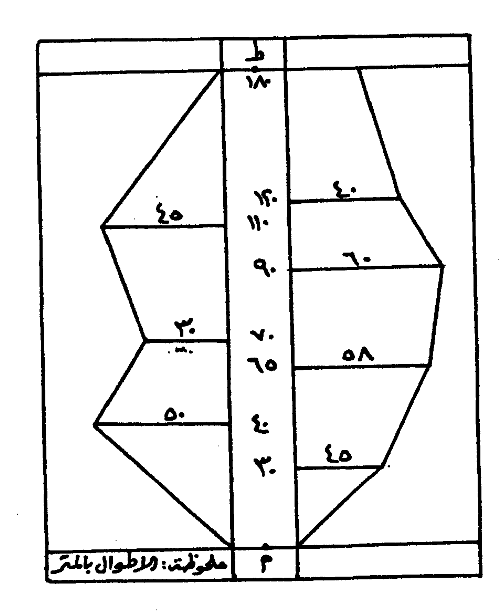
= $\frac{١}{٢}$ × ( ٤٥ + ٥٨ ) × ٣٠ = ١٥٤٥ م$^{٢}$

٣- مساحة شبه المنحرف جـ جـ ر ز = $\frac{١}{٢}$ (٥٨+٦٠) × ٢٥= ١٤٧٥ م$^{٢}$

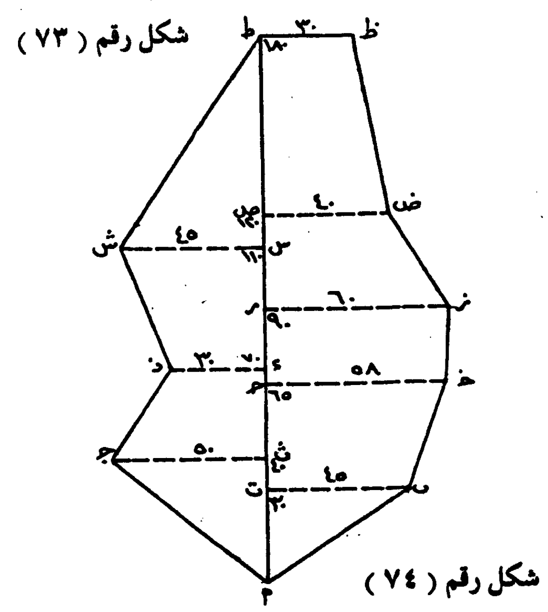
٤- مساحة شبه المنحرف ر ز ص ض = $\frac{١}{٢}$ (٤٠ + ٦٠) × ٣٠ = ٢٠٠٠ م$^{٢}$

٥- مساحة شبه المنحرف ص ض ط ظ = $\frac{١}{٢}$ (٤٠+٣٠) × ٦٠ = ٢١٠٠ م$^{٢}$

٦- مساحة المثلث أ ن جـ = $\frac{١}{٢}$ ( ٥٠ × ٤٠ ) = ١٠٠٠ م$^{٢}$




شكل رقم ( ٧٣ )




شكل رقم ( ٧٤ )

٧- مساحة شبه المنحرف ب جـ د ذَ = $\frac{١}{٢}$ (٥٠ + ٣٠)×٣٠=١٢٠٠ م$^{٢}$

٨- مساحة شبه المنحرف د ذ س ش = $\frac{١}{٢}$ (٣٠ + ٤٥)×٤٠=١٥٠٠م$^{٢}$

٩- مساحة المثلث ش س ط = $\frac{١}{٢}$ (٤٥ ×٧٠) = ١٥٧٥ م$^{٢}$.

والمساحة الكلية للشكل هو مجموع هذه المساحات = ١٣٠٧٠ م$^{٢}$.

## الترافيرس بالشريط :

**مثال (٢٧ ) : الشكل رقم (٧٥) عبارة عن صحيفة دفتر غيط لمنطقة رفعت بالشريط والبوصلة المنشورية ، والمطلوب رسم هذه المنطقة من واقع الأرصاد المبينة بصحيفة الدفتر بمقياس رسم ١ : ٧٠٠ .**

**طريقة الإجابة :**

إذا ما نظرنا إلى الشكل رقم (٧٥ ) نلاحظ أنه عبارة عن شكل خماسي ، كما هو واضح . إذ أن الأرصاد تبدأ بالضلع أ ب ثم الضلع ب جـ ثم جـ د ثم دهـ ثم هـ أ . ويطلق على مثل هذا المضلع " ترافيرس مقفل " إذ أن نقطة البداية هي نقطة النهاية " نقطة أ " . ومثل هذا النوع من التمارين معرض لخطأ يطلق عليه " خطأ القفل " أي أن نقطة أ التي نصل إليها في نهاية صحيفة دفتر الغيط لا تنطبق على نقطة أ السابق توقيعها عند بداية حل التمرين .

ولرسم هذا المضلع نتبع الخطوات الآتية :

١- نختار مكانا مناسبا لنقطة أ ونرسم خطا يمثل اتجاه الشمال المغناطيسي ومنه يمكن تحديد اتجاه الضلع أ ب عن طريق وضع صفر المنقلة عند النقطة أ بحيث يكون الصفر منطبقا على اتجاه الشمال المغناطيسي ، ثم نرسم أو نحدد اتجاه ١٩٩° ونقيس بعدا في هذا الاتجاه قدره ( ٦٠ متر ) تبعا لمقياس الرسم فتكون نهاية هذا الخط هي نقطة ب ، ومن نقطة ب نرسم اتجاه الشمال المغناطيسي ولابد أن يكون موازيا لاتجاه الشمال المغناطيسي عند أ وبانحراف مقداره (٢٤٧° ) يمكن رسم الضلع ب جـ بطول ٦٦ متر تبعا لمقياس الرسم فتكون نهايته هي نقطة جـ ( شكل رقم ٧٦ ) .

شكل رقم ( ٧٥ )

وبنفس الطريقة نرسم الأضلاع الباقية وهي جـ د ، د هـ ، هـ أ ، ويجب مراعاة أن يكون قياس انحرافات الأضلاع والأهداف الأخرى في اتجاه عقرب الساعة ومن اتجاه الشمال المغناطيسي .

٢- بعد رسم المضلع أ ب جـ د هـ نقوم بتحشية كل ضلع على حدة على الوجه التالي :

( أ ) تحشية الخط أب :

نقيس بعدا قدره ( ١٥ مترا ) من نقطة أ ونقيس انحراف مقداره ( ٢١٥° ) من اتجاه الشمال المغناطيسي الذي لابد أن يوازي اتجاه الشمال المغناطيسي عند نقطة رؤوس المضلع ، ثم نرسم بالقلم الرصاص الخفيف الخط الممثل لهذا الانحراف ، ثم نقيس بعدا قدره (٢٤ متر ) وتكون نقطة التقاء جانبي الترعة مع خط الشريط ، ثم نقيس بعدا قدره ( ٣٠ متر ) فتمثل هذه النقطة الجانب الآخر من الترعة ، وعرضها هو الفرق بين هذين البعدين .

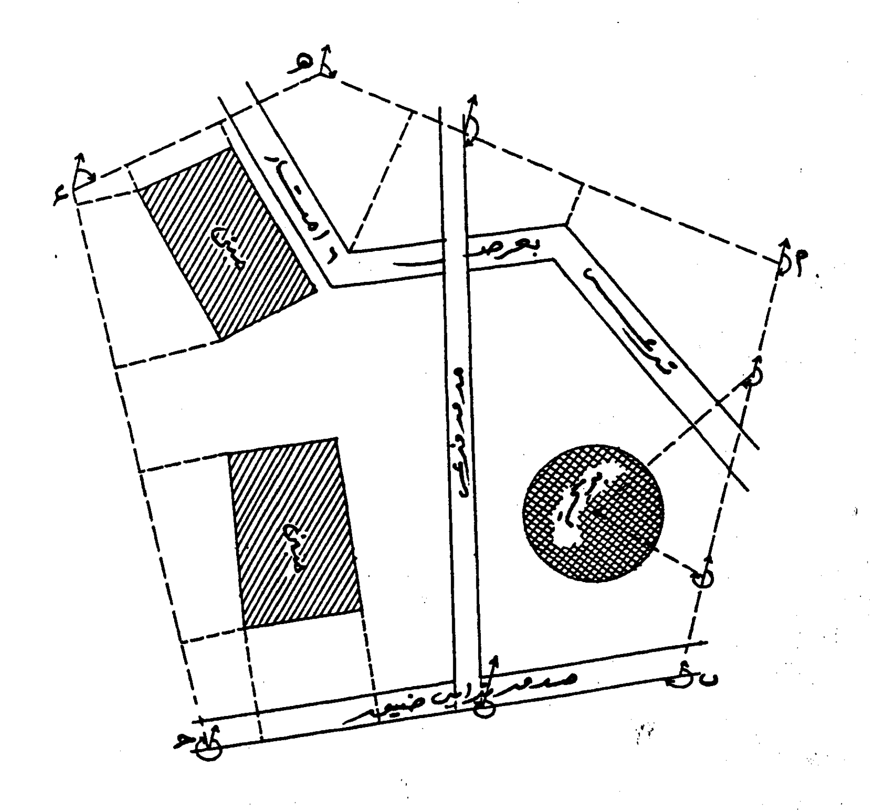
ثم نقيس بعدا قدره (٤٦ متر ) ونرسم من هذه النقطة انحراف مقداره (٢٩٠°) ثم نرسم بالقلم الرصاص الخفيف الخط الممثل لهذا الانحراف ، ويكون نقطة التقاء هذا الانحراف بالانحراف السابق هي مركز البركة ، ومنها يمكن رسم دائرة بنصف قطر ٩ متر تمثل هذه البركة .

( ب ) تحشية الخط ب جـ :

نقيس بعدين هما ٢٧ متر ، ٣١ متر وهما يمثلان نقطة التقاء امتداد المدق الفرعي مع خط الشريط ، ثم نرسم المدق بانحراف مغناطيسي قدره (٣٤٦° ) ثم نقيس بعدا قدره ١٦ متر ونقيم عليه عمودا طوله ١٧ متر فنحدد ركن المبنى أ ، نقيس بعدا آخر قدره (٥٨) متر ونقيم عليه عمودا طوله ١٦ متر فنحدد الركن الثاني للمبنى .

( جـ ) تحشية الخط جـ د :

نقيس بعدا قدره ١٦ متر ونقيم عليه عمودا طوله ٩ متر فنحدد ركن المبنى أ ، نقيس بعدا آخر قدره ٤١ متر ونقيم عليه عمودا طوله ١٢ متر فنحدد الركن الثالث للمبنى ، ولأن المبنى مستطيل الشكل إذن يمكننا رسمه عن طريق مقياس الرسم ( انظر الشكل رقم ٧٦ ) .



شكل رقم ( ٧٦ )

نقيس بعدا قدره ( ٥٦ متر ) ونقيم عليه عمودا طوله ١٥ متـــر يحـــدد ركن المبنى ب ، ثم نقيس بعدا آخر قدره ٨٠ م ونقيم عليه عمودا طولـــه ٩ متر يحدد ركن المبنى ب الثاني .

(د) تحشية الخط د هـــ :

نقيس بعدا قدرة ٨ متر ونقيم عليه عمودا طوله ٤ متر فنحـــدد ركـــن المبنى ب الثاني ، ونقيس بعدا قدره ٢٢ متر ونقيم عليه عمودا طوله ٤ متـــر أيضا فنحدد الركن الثالث للمبنى ب ولأن المبنى مستطيل الشكل إذن يمكننـــا رسمه عن طريق مقياس الرسم .

نقيس بعدين هما ٢٥ متر ، ٣١ متر وهما يمثلان نقطة التقـــاء ضـــفتي الترعة ( بعرض ٦ متر ) من خط الشريط .

(هـــ) تحشية الخط هـــ أ :

نقيس بعدا قدره (١٤ متر) ونقيم عليه عمودا قدره (٢٢ متـــر) حتـــى نمثل نقطة التغير في مجرى الترعة ، ثم نقيس بعدين همـــا ١٨ ، ٢٢ متـــر يمثلان نقطتي التقاء جانبي المدق الفرعي ، بعد ذلـــك نقـــوم بقيـــاس طـــول ٤٠ متر ثم نقيم عليه عمود بطول ٧ متر يمثل نقطة تغير أخرى فـــي اتجـــاه مجرى الترعة .

# تمارين على المساحة بالشريط

١- قيس خط على المائل باستعمال الشريط فكان ١٦٠ متر ، وكانت المسافة الرأسية بين طرفي الخط المائل ٨ متر ما هي المسافة الأفقية لهذا الخط .

٢- قيست مسافة أفقية بشريط من الصلب فكانت ١٥٠ متر واتضح أن هناك ترخيم عند منتصف الشريط مقداره ( ١٥ سم ) – ما هي المسافة الأفقية الحقيقة إذا علمت أن الشريط المستعمل طوله ٢٥ متر .

٣- قيست قطعة أرض بواسطة شريط ينقص ١٥ سم عن طوله الاسمي فكانت مساحتها ٢,٨٥٧ فدان ، أوجد المساحة الحقيقية لهذه القطعة بالأمتار المربعة.

٤- قطعة أرض على شكل مثلث قائم الزاوية – قيست قاعدتها بشريط طوله ٢٠,١ متر فكانت ٢٥٠ مترا ، وقيس الارتفاع على المائل فكان ٣٥٠ مترا بشريط طوله ١٩,٦ متر – فإذ ا كان ميل الأرض الطبيعية في اتجاه ارتفاع المثلث ٩ % ، وأن طول الشريط الاسمي في الحالتين هو ٢٠ متر ، فأوجد المساحة الحقيقية للأرض بالهكتار .

٥- خريطة قيس منها طول ضلع قطعة أرض مربعة الشكل مساحتها ١٦٨ فدان فكان طول الضلع ٣٤,٢ سنتيمتر ، ثم قيس الضلع الآخر العمودي عليه فكان ٣٤,٠٠ سم – وكان مقياس رسم الخريطة ١ : ٢٥٠٠ وقد علم أن الجغرافي عند توقيع أضلاع المربع وقع الأطوال على المائل ، ما هي زاوية ميل الضلع الأول والفرق بين منسوبي طرفي الضلع الثاني .

٦- قيست مسافة بشريط فوجد أن طولها ١,٤كم ، ثم اتضح بعد ذلك أن الشريط المستعمل في القياس غير مضبوط ، فأعيد قياسها بشريط آخر مضبوط، ووجد أن طولها الصحيح ١,٣٨٨٥ كم ، ما مقدار الخطأ في الشريط المستعمل.

٧- قيس خط وكان به خطأ في التوجيه قدره ( ٥٠ سنتيمترات ) ما الطول الحقيقي للخط إذا كان طوله المقاس ٢٦,٨ مترا .

٨- قطعة أرض مستطيلة الشكل النسبة بين طولها وعرضها ٤ : ٣ تم قيس قطرها بشريط طولـه الحقيقي ٢٠,٢١ مترا فكان ٣٠٠ متر ، ما المساحة الحقيقية لقطعة الأرض .

٩- لوحظ أن أحد الكارتوجرافيين عندما كان يوقع زاوية قائمة في الطبيعـة بالشريط أنه يخطئ في توجيه الشريط بمقدار ± ٣٠َ ، أوجـد أطـول مسافة يمكن قياسها بالشريط حتى لا يؤثر هذا الخطأ في الرسـم فـي خريطة بمقياس ١ : ٥٠٠، علما بأن أدق ما يمكن بيانه في الخريطـة هو ٠,٥ مم وهو سمك القلم .

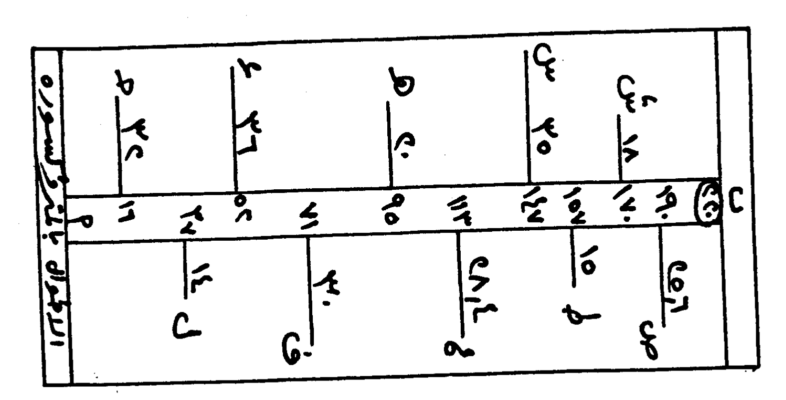
١٠- أ ب جـ قطعة أرض على شكل مثلث متساوي الأضلاع ، قيس طول ضلعه لحساب مساحته فوجدت ١٧٥٢٠ متر مربع ، وبعـد الحسـاب وجد أن الشريط المستعمل أطول من طوله الاسمي بمقدار ١٥ سم ، ما هو طول ضلع المثلث الحقيقي .

١١- خريطة لقطعة أرض مستطيلة الشكل مقياس رسمها غير معلوم ، فـإذا كان ضلعا القطعة على الخريطة همـا ٤١,٠٠ ، ٢٤,٤٠ سـنتيمتر ، وكان الشريط المستعمل في رفع الخريطة أزيد مـن الحقيقـة فمقـدار ٧ سم . ما مقياس رسم الخريطة إذا كانت المساحة الحقيقية كما قيسـت بشريط صلب دقيق ٦٧,٣٥٩ فدان .

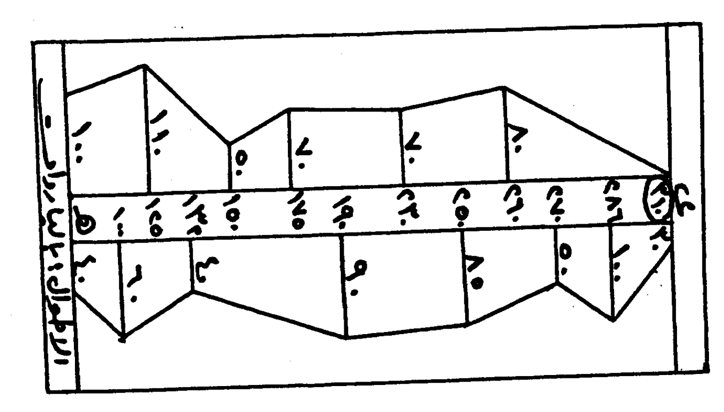
١٢- قاس جغرافي أطوال أضلاع الترافيرس أ ب جـ د فكانت كما يلـي : أ ب = ١٠٠متر ، ب جـ = ٢٠٠ متـر ، جـ د = ١٥٠ متـر ، د أ = ٤٥٠ متر ، فما مساحة هذا الترافيرس بالفدان وكسوره .

١٣- قيس خط بين نقطتين على مستوى مائي ، وكان الميل منـتظم بنسـبة ١ : ٨ لمسافة ٥٠٠ متر ، وبمقدار ١ : ٦ في ١٠٠ متر تالية . وبعـد إتمام القياس وجد أن الشريط يزيد عن حقيقته بمقدار ١٠ سم . ما هـو الطول الذي يعينه به هذا الخطأ على خريطة مرسومة بمقيـاس رسـم ١ : ٣٠٠ مع استعمال القوانين التقريبية كلما تسنى ذلـك ( المقصـود بالميل هنا هو النسبة بين المسافة الرأسية والمسافة المائلة ) .

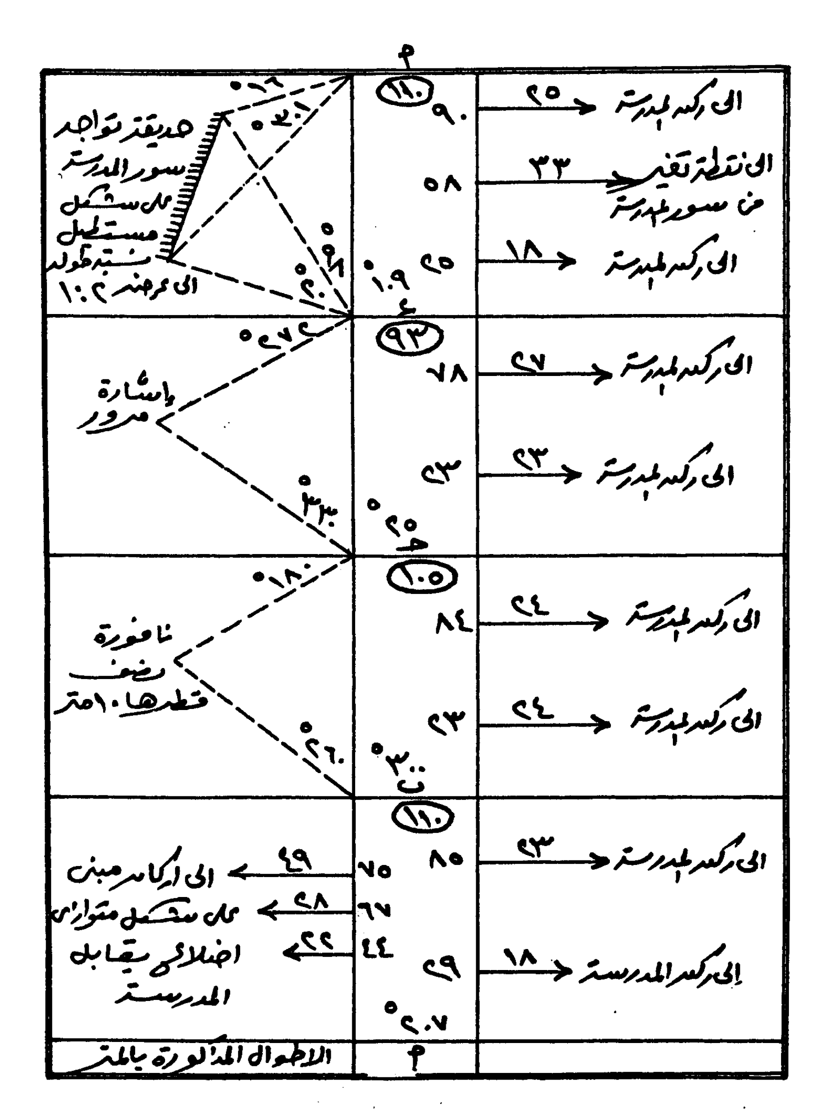
١٤- بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠ ارسم قطعـة الأرض المسـجل أرصـادها في صحيفة دفتر الغـيط شـكل رقـم (٧٧) ، مـع تقـدير مسـاحتها بالأمتار المربعة من واقع الرسم والأرصاد . مع عمل مقيـاس شـبكي يقيس إلى نصف متر .



شكل رقم ( ٧٧ )



شكل رقم ( ٧٨ )

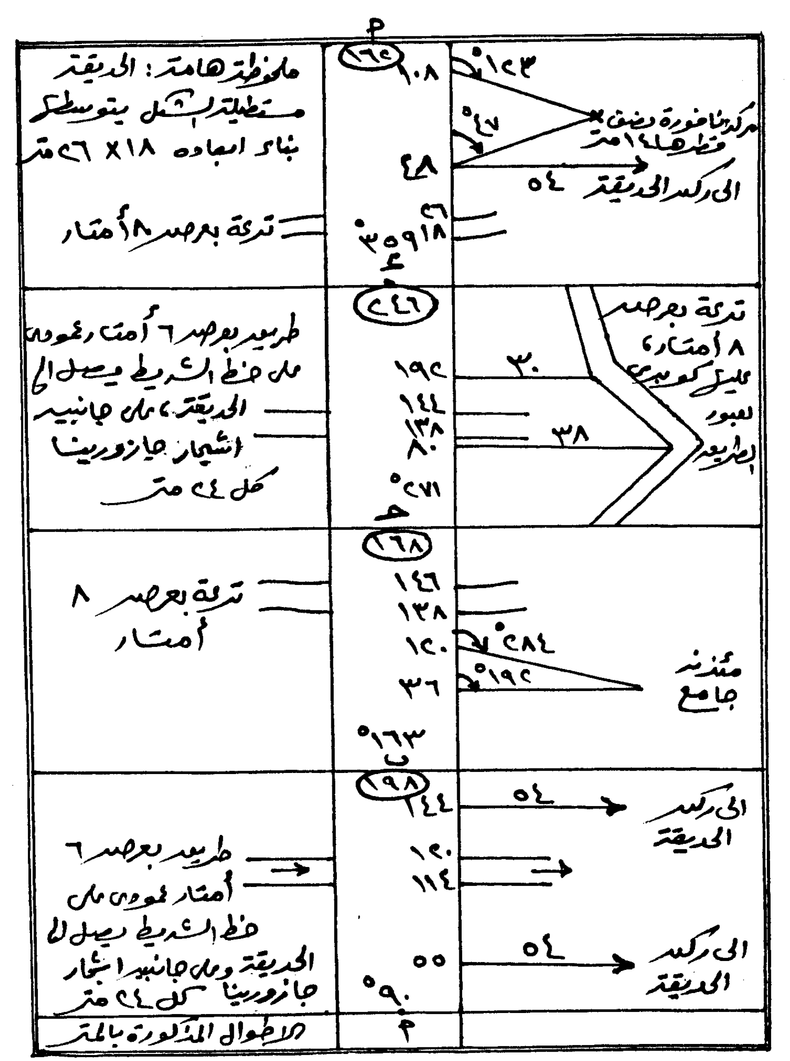

الى ركن المدرسة
الى نقطة تغير من سور المدرسة
الى ركن المدرسة
الى ركن المدرسة
الى ركن المدرسة
اشارة مرور
نافورة
الى ركن المدرسة
الى ركن المدرسة
الى ركن المدرسة
الى ركن المدرسة
الاطوال المذكورة بالمتر

شكل رقم ( ٧٩ )

١٥- الشكل الآتي رقم (٧٨) يمثل صحيفة دفتر غيط بـــه أرصـــاد لقطعـــة أرض استعمل شـــريط يقـــيس بالأقـــدام فـــي رفعهـــا ، والمطلـــوب رسم حدود هذه الأرض بمقياس بوصة لكل ٢٠ ياردة ثم إيجاد مساحتها بالياردات المربعة .

١٦- الشكل الآتي رقم (٧٩) عبارة عن صحيفة دفتر غـيط لقطعـــة أرض تتوسطها مدرسة ثانوية ، والمطلوب توقيع هذه الأرصاد علـــى لوحـــة بمقياس ١ : ٥٠٠ .

١٧- صحيفة دفتر الغيط الآتية ( شكل رقم ٨٠ ) أخذت أثناء رفـــع حديقـــة والمطلوب توقيع هذه الحديقة على لوحة بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠ مـــع إيجاد مساحة المضلع الأساسي بالفدان وكسوره .


ملحوظة هامة: الحديقة مستطيلة الشكل يتوسطها بناء أبعاده ١٨ X ٢٦ متر
ترعة بعرض ٨ أمتار
مركز نافورة وصف قطرها ١٤ متر
الى ركن الحديقة
طريق بعرض ٦ أمتار عمودي على خط الشريط ويصل الى الحديقة، على جانبيه أشجار جازورينا كل ٤ متر
ترعة بعرض ٨ أمتار، عليها كوبري لعبور الطريق
ترعة بعرض ٨ أمتار
مئذنة جامع
طريق بعرض ٦ أمتار عمودي على خط الشريط ويصل الى الحديقة وعلى جانبيه أشجار جازورينا كل ٤ متر
الى ركن الحديقة
الأطوال المذكورة بالمتر

شكل رقم ( ٨٠ )

# الفصل الرابع

# المساحة بالبوصلة

**مقدمة :**

* **قياس الانحرافات بالبوصلة المنشورية .**
* **تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية .**

**أولاً : تصحيح أخطاء التوجيه والقياس .**

١- طريقة خطأ القفل الزاوي .

٢- طريقة متوسطات الفروق .

**ثانياً : تصحيح أخطاء الجاذبية المحلية .**

* **طرق الرفع المساحي بالبوصلة المنشورية .**

أولا : طريقة الثبات أ الإشعاع .

ثانيا : طريقة التقاطع .

ثالثا : طريقة اللف والدوران .

* **الأرصاد الناقصة في مضلع البوصلة .**

تمارين محلوله على المساحة بالبوصلة .

تمارين على المساحة بالبوصلة .

## مقدمة :

تعتبر البوصلة المنشورية الجهاز الأساسي المستخدم في إجراء عملية الرفع المساحي بقياس الانحرافات المغناطيسية ، ولم يعرف حتى الآن أصل البوصلة ولا متى اخترعت ، إلا أن هناك ما يدل على أن البوصلة كانت معروفة لدى الصينيين في القرن الثامن قبل الميلاد ، وبدأ استخدام أول بوصلة مغناطيسية في أوربا منذ حوالي مطلع القرن الثالث عشر حيث استخدمت على نطاق واسع في الملاحة البحرية ، ويصنع منها أنواعاً وأشكالا عديدة لتلبية أغراض كثيرة ، فمنها ما يستخدم في الملاحة البحرية ، ومنها ما يستخدم في أعمال المناجم ، ومنها ما يستعمل في أعمال الجيولوجيا ، وإن كان ما يهمنا هو ما يستخدم منها في أعمال المساحة والتي يطلق عليها البوصلة المنشورية ، ونظرية البوصلة تعتمد على أنه إذا ما وضعت إبرة مغناطيسية على ركيزة عند محورها بحيث تكون حرة الحركة وغير متأثرة بأي عوامل مغناطيسية محيطة – كوجود تشوينات حديدية بالقرب منها ، أو وجود مغناطيس آخر قوي ، أو وجود سلك قريب يمر به تيار كهربائي – فإن هذه الإبرة تتجه دائما ناحية الشمال المغناطيسي .

ويختلف الشمال المغناطيسي عن الشمال الحقيقي أو الجغرافي ، فالشمال الحقيقي ( الشمال الجغرافي ) ثابت في اتجاهه ، وما هو إلا الخط المار بنقطة معينة التي يقف فيها الراصد وبالقطبين الجغرافيين للأرض ( دائرتي عرض ٩٠° شمالا وجنوبا حيث تلتقي كل خطوط الطول ) وعادة ما ينطبق اتجاه الشمال الجغرافي على خطوط الطول ، أما الشمال المغناطيسي فمتغير مع الزمن ، والشمال المغناطيسي لنقطة ما هو الاتجاه الذي تعينه إبرة حرة الحركة كاملة الاتزان وليست تحت أي تأثير مغناطيسي محلي ، وهو الاتجاه أو الخط الواصل بين موقع الرصد والقطب المغناطيسي الذي يقع ( عام ١٩٦٠) في بحر بوفورت في أقصى شمال وسط كندا فيما بين جزر كوين اليزابيث ( شماله) وجزيرة فيكتوريا ( إلى الجنوب الغربي منه ) عند تقاطع خط ١٠٣° غربا ودائرة العرض ٧٥° شمالا ( تقريبا) بينما يقع القطب المغناطيسي الجنوبي إلى الجنوب من جزيرة تسمانيا على ساحل القارة القطبية الجنوبية ( أنتراكتيكا ) في منطقة فيكتوريا لاند ( تحت النفوذ

الاسترالي ) عند تقاطع خط الطول ١٤٥° شرقا ودائرة العـرض ٣٠َ ٦٧°
جنوبا ( تقريبا) وما من شك أن هذين الموقعين قد تغيرا في الوقت الحاضر .
لذلك نلاحظ أن بعض الأماكن على سطح الكرة الأرضية لا ينطبق فيها اتجاه
الشمال المغناطيسي على اتجاه الشمال الجغرافي . وتسمى الزاويـة الناشـئة
بين هذين الاتجاهين بزاوية الاختلاف المغناطيسي ، وهذه الزاوية تنسب فـي
تعيينها لاتجاه الشمال الجغرافي وقد تكون شرق أو غربه .

ويمكن عن طريق البوصلة تعيين انحرافات الأهداف أو المواقع عـن
اتجاه الشمال المغناطيسي ، ويسمى هذا الانحراف بالانحراف الدائري وهـو
الزاوية المقاسة في اتجاه عقرب الساعة حتى الخط ، ويكون قيمته بين صفر
،٣٦٠°، وقد يحول الانحراف المغناطيسي إلى انحراف جغرافي عن طريـق
إضافة زاوية الاختلاف المغناطيسي إذا كانت شرقا ، أو طرحهـا إذا كانـت
غربا ،والمعادلة الآتية:-

تبين العلاقة بين الانحراف الجغرافي والانحراف المغناطيسي لخط ما :

**الانحراف الجغرافي = الانحرافي المغناطيسي ± زاوية الاختلاف المغناطيسي .**

وزاوية الاختلاف المغناطيسي في أي مكان غير ثابتة على الإطـلاق
وتتحكم فيها عوامل عديدة تأثر في مقدار تغيرهـا واتجاههـا ، ومـن أهـم
تغيرات زاوية الاختلاف المغناطيسي الناتج عن تغير موضع اتجـاه الشـمال
المغناطيسي ما يلي :

## ١- *التغير القرني :*

وهو تغير في اتجاه الشمال المغناطيسي ينتج عن تغير فـي زاويـة
الاختلاف المغناطيسي على المدى الطويل ، وتعتبر أكبر التغيـرات أهميـة
نظراً لقيمته ، وهي تزيد أو تنقص باستمرار في اتجاه واحد من سـنة إلـى
أخرى بمعدلات متغيرة يمكن تحديد قيمتها المتوسطة بمقدار ٨ دقائق سـنويا
تقريبا بالرغم من بطء هذه التغيرات وقلتها فإنها تسبب تغييرا محسوسا فـي
اتجاه الشمال المغناطيسي لمكان ما .

٢- *التغير اليومي* :

تغيرات تصل إلى بضعة دقائق في أثناء اليوم ، فحوالي الساعة ٨ صباحا تصل الإبرة إلى أقصى انحراف لها نحو الشرق عن اتجاهها المتوسط ، ثم تبدأ في التناقص إلى الغرب حتى تصل إلى أقصى انحراف لها حوالي الساعة الواحدة مساء ، وينطبق اتجاه الإبرة على الاتجاه المتوسط للشمال حوالي الساعة ١٠ صباحا ، ويتكرر هذا التغير أيضا حوالي الساعة ٧ مساء ، ومتوسط هذا التغير من ١ إلى ٢ لكل ساعة ويزيد في الصيف عن الشتاء ، ولكن نظرا لضالته وعدم ثباته فإنه يمكن إهماله.

٣- *التغيرات غير المنتظمة* :

وهذه نتيجة للزوابع المغناطيسية عندما يكثر الكلف الشمسي وتأتي موجات كهرومغناطيسية تؤثر في مغناطيسية الأرض كما ترجع نتيجة للزلازل والبراكين ، وقد تصل إلى درجة أو درجتين في بعض الأحيان .

وهناك خرائط خاصة تعرف بالخرائط المغناطيسية تبين زوايا الاختلاف المغناطيسي في الأماكن المختلفة على سطح الأرض ، فترسم خطوطا متساوية تمر بالأماكن التي تتساوى في زاوية اختلافها المغناطيسي شرقاً وغربا، وتسمى بالخطوط الأيزوجونية ، أما الأماكن التي ينطبق فيها الشمال المغناطيسي على الشمال الجغرافي أي التي تكون زاوية الاختلاف المغناطيسي عندها صفراً ، فتوصل بينها بخطوط تسمى الخطوط الأجونية .

ومن هذه الخرائط المغناطيسية يمكن تحديد قيمة الانحراف المغناطيسي لأي مكان آخر بالتناسب ، وكذلك يحدد الاتجاه الجغرافي بالضبط بدون حاجة إلى إجراء أرصاد فلكية لهذا المكان لتحديد اتجاه الشمال الجغرافي الحقيقي .

## البوصلة المنشورية

تعتبر البوصلة المنشورية أهم أداة تستخدم في إجراء المساحة بالبوصلة حيث أنها مزودة ببعض الأجزاء الإضافية التي يمكن عن طريقها قياس الانحرافات عن اتجاه الشمال المغناطيسي .

وتتركب البوصلة المنشورية من الأجزاء الآتية .

١- علبة نحاسية أسطوانية الشكل بقطر نحو ١٠سم وارتفاع نحو ٣ سم ، واختير النحاس كمادة لصنعها لأن النحاس من المعادن التي لا تؤثر في المجال المغناطيسي للإبرة المغناطيسية الموجودة بداخل العلبة والإبرة حرة الحركة مرتكزة على سن مدبب في مركز قاعدة العلبة النحاسية .

٢- ومثبت على الإبرة المغناطيسية إطار رقيق من الألومنيوم ، وهذا الإطار عبارة عن قرص مقسم إلى درجات وأجزائها في اتجاه عقرب الساعة ، وصفر التدريج أمام اتجاه الجنوب ، والأرقام مكتوبة على القرص بالمقلوب لتبدو صحيحة معتدلة عند النظر إليها في المنشور الزجاجي .

٣- منشور زجاجي له ثلاثة أوجه مثبت في غلاف بجانب العلبة لقراءة تدريج الإطار ، وتتم القراءة بشعاع من الإطار على السطح المائل للمنشور خلال الفتحة المستديرة في الوجه الأفقي ، ثم ينعكس أفقيا إلى العين خلال الفتحة المستديرة الموجودة تحت الفتحة ، والكتابة على الإطار مقلوبة حتى تقرأ ، ويتصل المنشور بالعلبة بمفصله حتى يمكن طيه عند استعمال الجهاز ، ويوجد مسمار لرفع المنشور أو خفضه تبعا لقوة إبصار الراصد حتى يمكن قراءة التدريج بوضوح ، وتوجد فتحة ضيقة في الجانب الرأسي من الغلاف المركب فيه المنشور للرصد منها .

٤- دليل معدني مقابل للمنشور ومتصل بالعلبة بمفصلة وهو على هيئة شباك في وسطه شعرة رأسية من السلك الرفيع لتوجيهها نحو الهدف أثناء الرصد،وقد توجد عليه مرآة تنزلق على الدليل لرصد النقط المرتفعة أو المنخفضة ، ويوجد زجاج ملون بجوار المنشور لأضعاف الضوء عند الرصد في الشمس أو هدف لامع ، كما توجد مرآة لرصد الأهداف العالية.

٥- قاعدة البوصلة تسمح بتركيبها فوق حامل ثلاثي مزود بركبة حرة الحركة تسمح بوضع البوصلة في وضع أفقي يسمح بحرية حركة الإبرة المغناطيسية ، ويسمح بأن يتم الرصد على المستوى الأفقي الذي هو أساس المساحة المستوية .

وفي الشكل رقم (٨١) أهم الأجزاء التي تتكون منها البوصلة المنشورية والتي سبق أن ذكرت تفصيلا فيها .

أ- الإبرة المغناطيسية .               ح- العلبة النحاسية .
ب- إطار من الألومنيوم مقسم إلى ٣٦٠°   خ- الحامل الرأسي .
ت- إطار الرصد ( الشباك ) .   د- الفتحة المستديرة لقراءة البوصلة
ث- شعرة الرصد .              ذ- مسمار إيقاف حركة البوصلة .
ج- المنشور العاكس وعلى غلافه الشرخ الرأسي للرصد .

ملاحظات على المساحة بالبوصلة المنشورية :

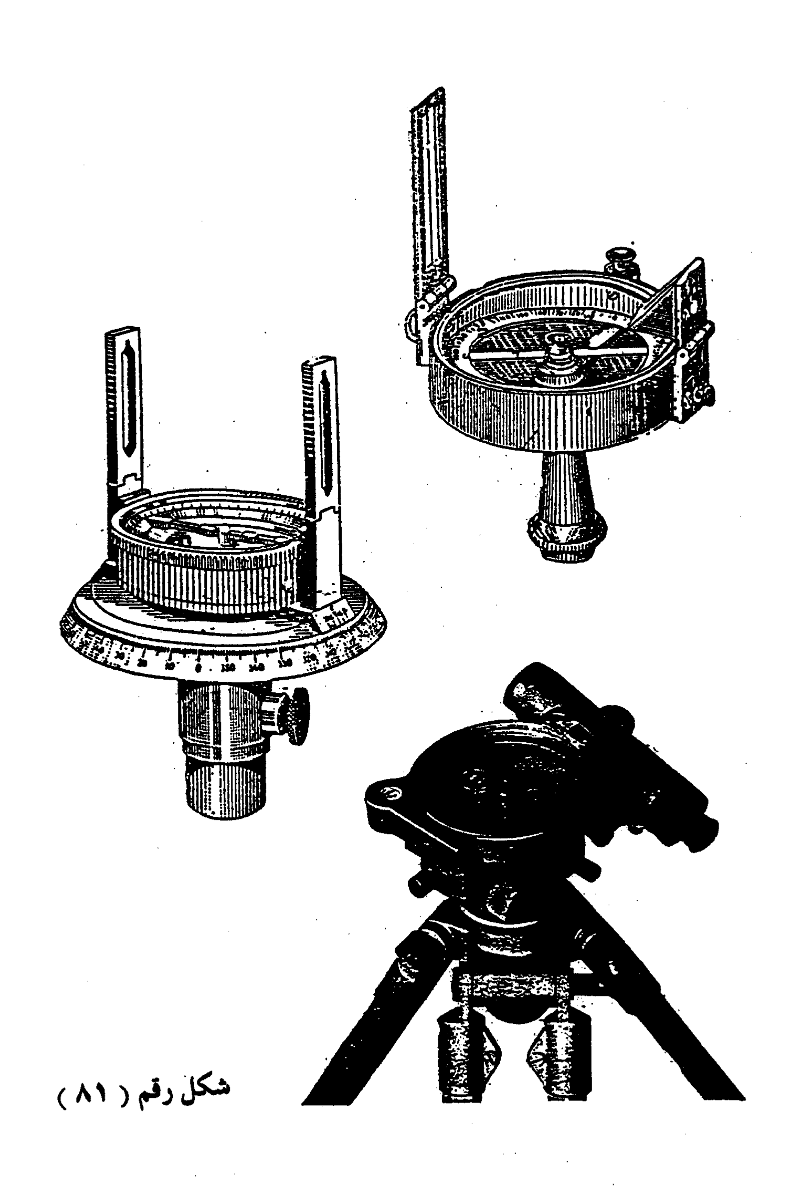
١- تستخدم البوصلة المنشورية في رفع المناطق محدودة المساحة ، وتعتبر الخرائط الناتجة خرائط أولية لا تتصف بالدقة الكاملة .
٢- تستعمل البوصلة المنشورية في قياس زاوية انحراف أي خط عن اتجاه الشمال المغناطيسي ويتم قياس انحراف الخط من أي نقطة على الخط ، كما وأن الخطأ في قياس انحراف أي خط لا يؤثر على قياس انحرافات أي خط آخر .
٣- يصعب استخدام طريقة الرفع بالبوصلة المنشورية في المدن خاصة وأن لخطوط الطاقة الكهربية وللحديد المستخدم في عمليات إنشاء المباني والسيارات وخطوط الاتصال الإلكتروني وغيرها أثر مباشر على اتجاه الإبرة المغناطيسية ، يعرف بالجاذبية المحلية .

**مزايا البوصلة المنشورية :**

١- بسيطة التركيب والعمل بها سهل ، خفيفة الوزن مما يجعها صالحة للأعمال الاستكشافية والأغراض الحربية .
٢- تستخدم في رفع المناطق صغيرة المساحة وأخذ تفاصيل سريعة .
٣- انحراف أي خط يمكن الحصول عليه بوضع البوصلة في أي نقطة عليه ، وليس من الضروري وضع البوصلة عند طرف الخط ، بشرط عدم وجود جاذبية محلية عند أي نقطة على الخط .
٤- الانحراف المقاسي لأي خط مستقل عن انحراف أي خط آخر ، وبذا لا تتراكم الأخطاء ولا يؤثر الخطأ في أي خط على الخطوط الأخرى .

**عيوب البوصلة المنشورية :**

١- قراءة البوصلة تقريبية إذ تقرأ لغاية ١٠ دقائق ، وأحيانا إلى نصف درجة ولذا فالعمل بها غير دقيق .
٢- غير قابلة للضبط وإن كان لها تحقيق .
٣- لا يمكن الرصد بها على مسافات بعيدة .
٤- تتأثر بالجاذبية المحلية .



شكل رقم ( ٨١ )

## قياس الانحرافات بالبوصلة المنشورية :-

تعرف الانحرافات المقاسة بالبوصلة المنشورية بالانحرافات الدائرية ، أي التي تقاس من اتجاه الشمال المغناطيسي في اتجاه حركة عقارب الساعة في دائرة القياس من صفر إلى ٣٦٠° .

ولقياس انحراف أي خط وليكن أب عن الشمال المغناطيسي نجرى الآتي :-

١- نثبت البوصلة المنشورية على حاملها الثلاثي أفقية بحيث يكون مركز البوصلة مسامتا لنقطة (أ) باستخدام خيط الشاغول .

٢- تضبط أفقية البوصلة حتى تكون الإبرة المغناطيسية حرة الحركة تماما .

٣- نوجه الدليل نحو الشاخص الموضوع في (ب) بحيث تكون الفتحة الرأسية في المنشور الثلاثي والشعرة الرأسية في الدليل والشاخص على استقامة واحدة ، مع ملاحظة أن يكون الرصد على كعب الشاخص ، ثم ننظر في فتحة المنشور ، عندما تثبت الإبرة ومعها الإطار نلاحظ أن الشعرة وتدريج الإطار يمكن رؤيتهما معا في وقت واحد ، عندئذ نعين القراءة المنطبقة على شعرة الدليل فنحصل على انحراف أب .

٤- ولتعين الانحراف الخلفي لهذا الخط ، ننتقل بالبوصلة إلى نقطة (ب) وبعد ضبط مساحتها وأفقيتها كما سبق أن ذكرنا ، يوجه خط النظر إلى النقطة أ ويعين انحراف ب أ . فيكون هو الانحراف الخلفي للخط أب ، ويجب أن يكون مساويا للانحراف الأمامي لهذا الخط السابق تعيينه بعد طرح أو إضافة ١٨٠° إليه .

أي أن : الانحراف الأمامي للضلع أب= الانحراف الخلفي ب أ ± ١٨٠°

( + إذا كان الانحراف الخلفي أقل من ١٨٠° ، - إذا كان الانحراف الخلفي أكثر من ١٨٠° ) .

## تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية :-

بعد إتمام عملية قياس الانحرافات الأمامية والخلفية لجميع خطوط المضلع يتم التحقق من إنها خالية من الأخطاء التي تنجم عن عدم الدقة في الرصد سواء لاتجاه الخط أو لقراءة الدائرة الأفقية للبوصلة المنشورية وهو ما نطلق عليه **خطأ التوجيه والقراءة** ، أو التي تنجم عن وجود مؤثرات جذب مغناطيسية خارجية للإبرة المغناطيسية للبوصلة وبمقادير متفاوتة عند نقطة المضلع المختلفة ، وذلك نتيجة وجود تشوينات حديدية أو مرور

تيار كهربائي في سلك قريب من هذه النقط ، والخطأ الناتج عن ذلك يطلق عليه **خطأ الجاذبية المحلية** .

والأخطاء الناتجة عن سوء التوجيه والقراءة يترتب عنها عدم قفل هذا المضلع بمعنى إنه إذا حسبت الزوايا الداخلية في المضلع عند النقط المختلفة ومن واقع الانحرافات الأمامية والخلفية المقاسة عند هذه النقط ، وقورن مجموع هذه الزوايا بالمجموع النظري الذي يجب أن تكون عليه زوايا هذا المضلع ، لنتج عن ذلك فرق يطلق عليه خطأ القفل الزاوي لهذا المضلع ، أما الأخطاء الناتجة عن وجود الجاذبية المحلية بمقادير متساوية ، فينتج عنها أن الفرق بين الانحراف الأمامي والخلفي لأي خط لا يساوي ١٨٠° .

ولإتمام عملية تصحيح الانحرافات المرصودة لخطوط المضلع يجب أولا إجراء التصحيح لهذه الانحرافات بحيث نتخلص من أخطاء التوجيه والقراءة ، ثم يتم تصحيح أخطاء الجاذبية المحلية كخطوة ثانية ، وذلك لأن خطأ الجاذبية المحلية لا يؤثر مطلقا على مقدار الزاوية المقاسة عند هذه النقطة ، لأن كلا الضلعين المارين بهذه النقطة سيكون متأثرا بنفس مقدار الجاذبية المحلية عندها ، وعلى ذلك فإن التصحيح للجاذبية المحلية لانحرافات مضلع مقفل لن يؤثر على قفل هذا المضلع .

وفيما يلي خطوات تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية المرصودة بالبوصلة المنشورية .

### أولا : تصحيح أخطاء التوجيه والقياس .

يمكن إجراء عملية تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية للبوصلة المنشورية بإحدى طريقتين ، الأولى يطلق عليها **طريقة خطأ القفل الزاوي** وهي تستخدم لتصحيح أخطاء التوجيه عندما تكون الفروق بين الانحرافات الأمامية والخلفية أكبر أو أقل من ١٨٠° بما يزيد عن ١° ( درجة واحدة ) .

أما الطريقة الثانية فيطلق عليها **طريقة المتوسطات** وتستخدم لتصحيح أخطاء القياس عندما يكون الفرق بين الانحرافات الأمامية والانحرافات الخلفية اقل من أو يساوي درجة واحدة .

١- طريقة خطأ القفل الزاوي .

بعد التأكد من أن الفروق بين الانحرافات الأمامية والانحرافات الخلفية أكبر من أو أقل من ١٨٠° بما يزيد عن ١° ، وبعد التأكد من أن المضلع مرسوم في اتجاه عقرب الساعة ، يتم حساب مقدار خطأ القفل الزاوي للمضلع المقفل بإجراء الخطوات الآتية :

أ- حساب مجموع الزوايا الداخلية للمضلع عن طريق المعادلة الآتية .

مجموع الزوايا الداخلية لأي مضلع مقفل = ٩٠° ( ٢ ن - ٤ )
حيث ن عدد رؤوس المضلع .

ب- حساب مجموع الزوايا الداخلية من واقع الرصد :

مجموع الزوايا الداخلية من واقع الرصد = مجموع الانحرافات الخلفية - مجموع الانحرافات الأمامية + ع × ٣٦٠° .

حيث ع = عدد نقط المضلع التي فيها الانحرافات الخلفية للضلع السابق أصغر من الانحرافات الأمامية للضلع اللاحق في المضلع المأخوذ في اتجاه عقرب الساعة .

جـ- حساب خطأ القفل الزاوي عن طريق المعادلة الآتية :

خطأ القفل الزاوي = مجموع الانحرافات الخلفية - مجموع الانحرافات الأمامية + ع × ٣٦٠° - ٩٠° ( ٢ن - ٤ ) .

وإذا كان مقدار هذا الخطأ في حدود المسموح به نعمل على توزيعه إما على جميع زوايا المضلع بالتساوي وبإشارة مخالفة ، أو نوزعه على الانحرافات المرصودة بطريقة تجعل المضلع مقفلا تماما .

هذا وخطأ القفل الزاوي المسموح به في البوصلة المنشورية يحسب من المعادلة التالية : الخطا المسموح به = ث $\sqrt{ن}$

حيث ث = ثابت يتوقف على دقة البوصلة المستخدمة ، ويأخذ مساويا ضعف دقة البوصلة المستخدمة .

وإذا كان التصحيح يتم للزوايا فإن مقدار التصحيح لكل زاوية $ت_١$ : يكون مساويا لـ

$$\text{ت}_1 = \frac{\text{خطأ القفل الزاوي}}{\text{ن}}$$

أما إذا كان التصحيح سيكون للانحرافات - وهذا ما يتبع فعلا - فإن التصحيح يتم حسب الخطوات الآتية .

أ- حساب مقدار التصحيح لكل انحراف $\text{ت}_2$ ، حيث :

$$\text{ت}_2 = \frac{\text{خطأ القفل الزاوي}}{\text{٢ ن}}$$

حيث ٢ن = عدد الانحرافات الكلية المرصودة في المضلع أي يساوي ضعف عدد زوايا المضلع .

ب- إذا كانت إشارة خطأ القفل الزاوي موجبة دل ذلك على أن الزوايا المحسوبة من الانحرافات المرصودة أكبر من حقيقتها ، وعلى ذلك ينبغي طرح مقدار التصحيح $\text{ت}_2$ من الانحرافات الخلفية وإضافتها إلى الأمامية ، أما إذا كان الخطأ الأصلي سالب فذلك دليل على أن الزوايا المحسوبة من الانحرافات المرصودة ، أقل من حقيقتها ، وبذلك ينبغي جمع مقدار التصحيح على الانحرافات الخلفية وطرحها من الأمامية .

جـ- إذا كان مقدار التصحيح لكل انحرافات عدد غير صحيح فينبغي عدم استعمال كسور الدقائق ، بل يعطي لبعض الانحرافات تصحيح قيمته صحيحة تلي مقدار التصحيح المطلق ذو الكسور ، وبقية الانحرافات يعطي لها تصحيح قيمته صحيحة تسبق التصحيح المطلق .

فإذا فرض أن مقدار خطأ القفل الزاوي كان ٥٨ ، وكان عدد نقط المضلع ستة فإن عدد الانحرافات المرصودة سيكون ١٢ ( ستة أمامي ، ستة خلفي ) ويكون مقدار التصحيح ($\text{ت}_2$) لكل انحراف هو :

$$\text{ت}_2 = \frac{٥٨}{١٢} = ٤,٨٣$$

وعلى ذلك بعض الانحرافات نعطي لها تصحيح = ٥، والباقي يعطي لها تصحيح =٤

وعدد الاتجاهات التي يعطي لها التصحيح الأكبر يحسب من المعادلة التالية :

عدد الاتجاهات ذات التصحيح الأكبر = مقدار التصحيح المطلق - ٢ن × قيمة التصحيح الأصغر .

وعلى ذلك يكون عدد الاتجاهات التي سوف يعطـــي لهـــا التصـــحيح الأكبر وهو ٥َ مساويا

**٥٨َ – ١٢ × ٤ = ١٠ اتجاهات**

**أما باقي الاتجاهات – وعددها اثنتان – فتصحح بالمقدار ٤َ**

**ولما كان في المثال خطأ القفـــل موجـــب فـــإن جميـــع الانحرافـــات الخلفية – وعددها ستة – سيطرح منها تصحيح مقداره ٥َ ، وأربع انحرافات أمامية سيطرح منها تصحيح قدره خمسة دقـــائق ، أمـــا بـــاقي الانحرافـــات الأمامية فيزداد لكل منها تصحيح قدره أربعة دقائق**

**د- بعد الحصول على الانحرافات المصححة يعاد حساب مجمـــوع الزوايـــا الداخلية للمضلع من الانحرافات المصححة ، حيـــث يجـــب أن يكـــون مطابقا للمجموع النظري .**

**مثال (٢٨) : رصدت الانحرافـــات الأماميـــة والخلفيـــة الآتيـــة بالبوصـــلة المنشورية لخطوط المضلع المقفل أب جـ د هـ أ فكانت كما هـــو مبـــين بالجدول ( رقم ٢ ) والمطلوب تصحيح أخطاء التوجيه والقراءة .**

**جدول رقم ( ٢ )**

| الضلع | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | | الفرق | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | ٤٨ | ٥١٤٠ | ٥٦ | ٥٣٢١ | ٨ | ٥١٨١ |
| ب جـ | ٣٢ | ١٦٣ | ٢٢ | ٣٤٣ | ٥٠ | ١٧٩ |
| جـ د | ٣٧ | ٢٤٣ | ٤٨ | ٦٢ | ٤٩ | ١٨٠ |
| د هـ | ٢٥ | ٣٠٩ | ٣٤ | ١٢٩ | ٥١ | ١٧٩ |
| هـ أ | ٤٥ | ٣٢ | ٩ | ٢١٣ | ٢٤ | ١٨٠ |
| | ٧ | ٨٩٠ | ٤٩ | ١٠٧٠ | ٤٢ | ١٨٠ |

يتم حساب الفرق بين الانحرافات الأمامية والخلفية ، ويبدو من الجدول أن الفرق بين الانحراف الأمامي والخلفي للضلع أ ب ٨َ ١٨١ ° وبمـــا أن مقدار الخطأ أكبر من درجة واحدة لذلك سوف يتم التصحيح بطريقـــة خطـــأ القفل الزاوي لتصحيح أخطاء التوجيه .

ونبدأ برسم كروكي للمضلع للتأكد من أنه مأخوذ فـــي اتجـــاه عقـــرب الساعة ، وإذا كان المضلع في اتجاه ضد عقرب الساعة ، يعـــاد تســـميته ، وتعدل الأرصاد المأخوذة له حتى تتوافق مع التسمية المـــأخوذة فـــي اتجـــاه عقرب الساعة .

ثم نقوم بإجراء الخطوات التالية .

١- حساب مقدار خطأ القفل الزاوي :

خطأ القفل الزاوي = مجموع الانحرافات الخلفية - مجموع الانحرافات الأمامية + ع × ٣٦٠° - [ ٩٠° (٢ن - ٤ ) ]

خطأ القفل الزاوي= ٤٩َ ١٠٧٠° - ٧َ ٨٩٠° + ١×٣٦٠°-[٩٠(٢×٥-٤)]

∴ خطأ القفل الزاوي = + ٤٢َ

بمعنى أن مجموع الزوايا المحسوبة من الانحرافات المرصودة أكبر من المفروض أن يكون ، وعليه تقل الانحرافات الخلفية وتزداد الانحرافات الأمامية بمقدار .

ت٢ = ٤٢َ / ٢ن = ٤٢َ / ١٠ = ٤,٢َ

ولما كنا لا نستعمل كسور الدقائق لذا نستخدم تصحيحا لبعض الانحرافات قدرة (٥َ ) ولباقي الانحرافات (٤َ ) .

عدد الاتجاهات ذات التصحيح الأكبر = ٤٢ - ١٠×٤ = اتجاهان

عدد الاتجاهات ذات التصحيح الأصغر = ١٠-٢ = ٨ اتجاهات

وعلى ذلك يطرح من انحرافين خلفيين تصحيح قدره (٥َ ) ويطرح من الثلاثة الباقيين تصحيح قدره ( ٤َ ) ، أما الانحرافات الأمامية لجميع الأضلاع فيجمع عليها تصحيح قدره ( ٤َ ) .

وفي الجدول التالي رقم (٣) مبين القيم المصححة للانحرافات الأمامية والخلفية ، حيث حسب أيضا مجموع الانحرافات الأمامية والخلفية ، وكذلك الفروق بين الانحرافات الأمامية المصححة والانحرافات الخلفية المصححة ، ويلاحظ أنه عند التعويض من جديد في معادلة مجموع الزوايا الداخلية وهي ٩٠°(٢ن -٤) نجد أن المجموع الفعلي للزوايا مساويا ٥٤٠° وبذلك تلاشي خطأ القفل الزاوي ، في حين إنه ما زال هناك فروق تزيد أو تقل عن ١٨٠° بين الانحرافين الأمامي والخلفي لأي خط دليل على وجود أخطاء نتيجة الجاذبية المحلية يجب التخلص منها

**جدول رقم (٣) الانحرافات المصححة بطريقة خطأ القفل الزاوي**

| الضلع | الانحراف الأمامي المصحح | | الانحراف الخلفي المصحح | | الفرق | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | ٥٢ | ١٤٠° | ٥١ | ٣٢١° | ٥٩ | ١٨٠° |
| ب جـ | ٣٦ | ١٦٣ | ١٧ | ٣٤٣ | ٤١ | ١٧٩ |
| جـ د | ٤١ | ٢٤٣ | ٤٤ | ٦٢ | ٥٧ | ١٨٠ |
| د هـ | ٢٩ | ٣٠٩ | ٣٠ | ١٢٩ | ٥٩ | ١٧٩ |
| هـ أ | ٤٩ | ٣٢ | ٥ | ٢١٣ | ١٦ | ١٨٠ |
| | ٢٧ | ٨٩٠° | ٢٧ | ١٠٧٠ | ٠٠ | ١٨٠° |

**٢- طريقة متوسطات الفروق :**

إذا كانت الفروق بين الانحرافات الأمامية والانحرافات الخلفية للأضلاع المختلفة في المضلع أكبر أو أقل من ١٨٠° بما لا يزيد عن عدة دقائق وبحد أقصى درجة واحدة فإن التصحيح في هذه الحالة للتوجيه والقراءة يتم بتوزيع الفرق عن ١٨٠° بالتساوي على الانحرافين الأمامي والخلفي لكل خط بإتباع الخطوات الآتية:

أ- نقوم بتثبيت الانحراف الخلفي غير المصحح ثم نقارنه مع الانحراف الأمامي غير المصحح فإذا كان الخلفي أكبر من الأمامي يطرح من الأول ١٨٠° ، أما إذا كان الانحراف الخلفي أقل يجمع عليه ١٨٠° .

ب- نقوم بجمع ناتج الخطوة الأولى على الانحراف الأمامي غير المصحح ثم نقسم ناتج الجمع على (٢) فينتج الانحراف الأمامي المصحح .

ج- بعد حساب الانحراف الأمامي المصحح نقوم بحساب الانحراف الخلفي المصحح لنفس الضلع بجمع ١٨٠° على الانحراف الأمامي المصحح إذا كان أقل من ١٨٠° أو طرح ١٨٠° منه إذا كان أكبر من ١٨٠° .

**مثال (٢٩) : الجدول التالي يوضح أرصاد أجريت بالبوصلة المنشورية لمضلع مقفل أ ب جـ د هـ و أ والمطلوب تصحيح خطأ التوجيه والقراءة بطريقة المتوسطات .**

**جدول رقم (٤)**

| الضلع | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | | الفرق | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | ٢١ | ٤١ | ٢٠ | ٢٢١ | ٥٩ | ١٧٩ |
| ب جـ | ٩ | ١٠٥ | ١٩ | ٢٨٥ | ١٠ | ١٨٠ |
| جـ ء | ١٤ | ٧٢ | ٣ | ٢٥٢ | ٤٩ | ١٧٩ |
| ء هـ | ٥٥ | ٢٠٢ | ٤٩ | ٢٢ | ٦ | ١٨٠ |
| هـ أ | ٢٤ | ٢٨١ | ٢٤ | ١٠٢ | ٠٠ | ١٧٩ |
| و أ | ٢٣ | ٣١٥ | ١٣ | ١٣٥ | ١٠ | ١٨٠ |
| | ٢٦ | ١٠١٩ | ٦ | ١٠١٨ | | |

يتم حساب الفرق بين الانحرافات الأمامية والخلفية ويبدو من الجدول أن الفرق بينهما لأي ضلع يقل أو يزيد عن ١٨٠° بما يساوي أو يقل عن درجة واحدة ، لذلك لابد من التصحيح بطريقة متوسطات الفروق .

الانحراف الخلفي غير المصحح للضلع أب = ٢٠′ ٢٢١°

٢٠′ ٢٢١° – ١٨٠° = ٢٠′ ٤١°

∴ الانحراف الأمامي المصحح أب = $\frac{١}{٢}$ (٢١′ ٤١° + ٢٠′ ٤١°)

= ٣٠″ ٢٠′ ٤١°

∴ الانحراف الخلفي المصحح للضلع أب = ٣٠″ ٢٠′ ٤١° + ١٨٠

= ٣٠″ ٢٠′ ٢٢١°

الانحراف الخلفي غير المصحح للضلع ب جـ = ١٩′ ٢٨٥°

١٩′ ٢٨٥° – ١٨٠° = ١٩′ ١٠٥°

∴ الانحراف الأمامي المصحح للضلع ب جـ = $\frac{١}{٢}$ (٩′ ١٠٥° + ١٩′ ١٠٥°) = ٤٤′ ١٠٥°

∴ الانحراف الخلفي المصحح للضلع ب جـ = ٤٤′ ١٠٥° + ١٨٠°

= ٤٤′ ٢٨٥°

الانحراف الخلفي غير المصحح للضلع جـ د = ٣′ ٢٥٢°

٣′ ٢٥٢° – ١٨٠° = ٣′ ٧٢°

∴ الانحراف الأمامي المصحح للضلع جـ د = $\frac{١}{٢}$ (١٤′ ٧٢° + ٣′ ٧٢°)

٣٠″ ٨′ ٧٢°

∴ الانحراف الخلفي المصحح للضلع جـ د = ٣٠ً ٨َ ٧٢° + ١٨٠°

= ٣٠ً ٨َ ٢٥٢°

الانحراف الخلفي غير المصحح للضلع د هـ = ٤٦َ ٢٢°

٤٦َ ٢٢° + ١٨٠ = ٤٦َ ٢٠٢°

∴ الانحراف الأمامي المصحح لـ د هـ = $\frac{١}{٢}$ ( ٥٥َ ٢٠٢° +٤٦َ ٢٠٢°)

= ٥٠َ ٢٠٢°

∴ الانحراف الخلفي المصحح للضلع د هـ = ٥٠َ ٢٠٢°-١٨٠°

= ٥٠َ ٢٢°

الانحراف الخلفي غير المصحح للضلع هـ و = ٢٤َ ١٠٢°

٢٤َ ١٠٢° + ١٨٠° = ٢٤َ ٢٨٢°

∴ الانحراف الأمامي المصحح لـ هـ و = $\frac{١}{٢}$(٢٤َ ٢٨١° + ٢٤َ ٢٨٢°)

= ٥٤َ ٢٨١°

∴ الانحراف الخلفي المصحح للضلع هـ و ٥٤َ ٢٨١°- ١٨٠°

= ٥٤َ ١٠١°

الانحراف الخلفي غير المصحح للضلع و أ = ١٣َ ١٣٥°

١٣َ ١٣٥° + ١٨٠° = ١٣َ ٣١٥°

∴الانحراف الأمامي المصحح لـ وأ = $\frac{١}{٢}$ ( ٢٣َ ٣١٥° + ١٣َ ٣١٥°)

=١٨َ ٣١٥°

∴ الانحراف الخلفي المصحح للضلع وأ = ١٨َ ٣١٥° -١٨٠°

= ١٨َ ١٣٥°

**( جدول ٥ ) يوضح الانحرافات الأمامية والخلفية**

**المصححة بطريقة متوسطات الفروق**

| الضلع | الانحراف الأمامي المصحح | | | الانحراف الخلفي المصح | | | الفرق |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | ٣٠ | ٢٠ | ٤١° | ٣٠ | ٢٠ | ٢٢١° | ١٨٠ |
| ب ج | ٠٠ | ٤٤ | ١٠٥ | ٠٠ | ٤٤ | ٢٨٥ | ١٨٠ |
| جـ د | ٣٠ | ٨ | ٧٢ | ٣٠ | ٨ | ٢٥٢ | ١٨٠ |
| د هـ | ٠٠ | ٥٠ | ٢٠٢ | ٠٠ | ٥٠ | ٢٢ | ١٨٠ |
| هـ و | ٠٠ | ٥٤ | ٢٨١ | ٠٠ | ٥٤ | ١٠١ | ١٨٠ |
| و أ | ٠٠ | ١٨ | ٣١٥ | ٠٠ | ١٨ | ١٣٥ | ١٨٠ |
| | ٠٠ | ١٥ | ١٠١٩ | ٠٠ | ١٥ | ١٠١٩ | صفر |

وبعد إجراء التصحيح بطريقة المتوسطات نجد أن خطأ القفل الزاوي تلاشي ، كما يلاحظ أن التصحيح بطريقة المتوسطات ينتج عنه أن الفروق بين الانحرافات الأمامية والخلفية المصححة تساوي دائما ١٨٠° ، وعلى ذلك فإنه لا يوجد أخطاء نتيجة للجاذبية المحلية ، بمعنى أن التصحيح بطريقة المتوسطات يلاشى كل من أخطاء التوجيه والقراءة وأخطاء الجاذبية المحلية .

## ثانيا : تصحيح أخطاء الجاذبية المحلية :

عندما يكون المضلع مقفل تماما وخالي من أخطاء الجاذبية المحلية فإن الفرق بين الانحراف الأمامي والانحراف الخلفي لأي ضلع في المضلع يجب أن يكون مساويا ١٨٠° تماما ، أما إذا كان المضلع مقفلا – أي خالي من أخطاء التوجيه والقراءة – ولكن هناك جاذبية محلية عند نقطة بقيم غير متساوية فإن الفرق بين الانحراف الأمامي والخلفي المغناطيسي لن يساوي ١٨٠° إن لم يكن في جميع خطوط المضلع ففي بعضها على الأقل ، وبذلك يتم اكتشاف الجاذبية المحلية ويجرى تصحيحها .

– يبدأ تصحيح الانحرافات بطريقة الجاذبية المحلية من أحد طرفي خط خالي من تأثير الجاذبية المحلية ( الفارق بين انحرافه الأمامي

والخلفي ١٨٠° ) وفي اتجاه حركة عقارب الساعة ، ويتم التصحيح بالنسبة لخط الضلع التالي باتخاذ الانحراف عند طرف الخط انحرافا أماميا غير متأثر بالجاذبية المحلية ويحسب منه الانحراف الخلفي لهذا الخط .

- الفرق بين الانحراف المحسوب والانحراف المرصود يمثل مقدار الجاذبية المحلية عند هذه النقطة ويكون موجبا أو سالبا ، يعني هذا أن جميع الأرصاد المقاسة من هذه النقطة محملة بمقدار هذا الفرق ومن ثم يتم تصحيحها .

**مثال (٣٠) : أخذت الانحرافات الأمامية والخلفية للمضلع المقفل أ ب جـ د هـ أ فكانت كالتالي :**

**جدول رقم (٦٠ )**

| الضلع | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | | الفرق | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | ٠٥ | ٦٢ | ٠٥ | ٢٤٢ | ٠٠ | ١٨٠ |
| ب جـ | ٤٤ | ١٤٥ | ٤٥ | ٣٢٦ | ٠١ | ١٨١ |
| جـ د | ٣٠ | ١٩٠ | ٣٠ | ١١ | ٠٠ | ١٧٩ |
| د هـ | ٣٤ | ٢٤٦ | ٥٨ | ٦٦ | ٣٦ | ١٧٩ |
| هـ أ | ٤٥ | ٣٢٣ | ٢٠ | ١٤١ | ٣٠ | ١٨٠ |
| | ٣٨ | ٩٦٨ | ٣٨ | ٧٨٨ | ٠٠ | ١٨٠ |

نبدأ التصحيح من نقطة ب وفي اتجاه عقرب الساعة .

الانحراف الأمامي للضلع ب جـ ( من واقع الأرصاد ) = ٤٤′ ١٤٥°

وهو انحراف صحيح لعدم وجود جاذبية محلية عند ب

∴ الانحراف الخلفي للضلع ب جـ المصحح= ٤٤′ ١٤٥° + ١٨٠°

= ٤٤′ ٣٢٥°

ولكن الانحراف الخلفي المرصود من نقطة جـ = ٤٥′ ٣٢٦°

∴ نقطة جـ متأثرة بجاذبية محلية مقدارها

٤٥′ ٣٢٦° – ٤٤′ ٣٢٥° = + ١′ ١°

أي أن كل الأرصاد المأخوذة من نقطة جـ متأثرة بقوة جاذبية محلية تجعل الأرصاد المأخوذة عندها تزيد بمقدار ١′ ١° ، وبالتالي لتصحيح هذه الأرصاد يجب أن يطرح مقدار هذه القيمة (١′ ١° ) .

∴ الانحراف الأمامي المصحح للضلع جـ د = ٣٠′ ١٩٠° – ١′ ١°

= ٢٩′ ١٨٩°

ويكون الانحراف الخلفي المصحح للضلع جـ د = ٢٩َ ١٨٩° - ١٨٠°

= ٢٩َ ٩°

ولكن الانحراف الخلفي للضلع جـ د المرصود من نقطة د = ٣٠َ ١١°

أي أن نقطة د متأثرة بجاذبية محلية مقدارها

٣٠َ ١١° - ٢٩َ ٩° = ١َ ٢°

وعلى ذلك يتم تصحيح الانحرافات المأخوذة من نقطة جـ بطرح ١َ ٢°

∴ الانحراف الأمامي المصحح للضلع د هـ = ٣٤َ ٢٤٦° - ١َ ٢°

= ٣٣َ ٢٤٤°

وبالتالي يكون انحرافه الخلفي المصحح = ٣٣َ ٢٤٤° - ١٨٠° = ٣٣َ ٦٤°

ولكن الانحراف الخلفي د هـ المرصود هو ٥٨َ ٦٦°

ومعنى ذلك أن نقطة هـ متأثرة بجاذبية محلية مقدارها

٥٨َ ٦٦° - ٣٣َ ٦٤° = ٢٥َ ٢°

وعلى ذلك يحتم تصحيح الانحرافات المأخوذة من نقطة هـ بطرح ٢٥َ ٢°

∴ الانحراف الأمامي للضلع هـ أ = ٤٥َ ٣٢٣° - ٢٥َ ٢°

= ٢٠َ ٣٢١°

ويكون الانحراف الخلفي للضلع هـ أ = ٢٠َ ٣٢١° - ١٨٠°

= ٢٠َ ١٤١°

وهذا يتفق مع الانحراف الخلفي المرصود هـ أ من نقطة أ والتي تنعدم فيها الجاذبية المحلية والجدول التالي يوضح الأرصاد بعد تصحيحها .

**( جدول ٧ ) الأرصاد المصححة وطريقة الجاذبية المحلية**

| الضلع | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | | الفرق |
|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | ٠٥ | ٦٢° | ٠٥ | ٢٤٢° | ١٨٠° |
| ب جـ | ٤٤ | ١٤٥ | ٤٤ | ٣٢٥ | ١٨٠ |
| جـ د | ٢٩ | ١٨٩ | ٢٩ | ٩ | ١٨٠ |
| د هـ | ٣٣ | ٢٤٤ | ٣٣ | ٦٤ | ١٨٠ |
| هـ أ | ٢٠ | ٣٢١ | ٢٠ | ١٤١ | ١٨٠ |
| | ١١ | ٩٦٣ | ١١ | ٧٨٣ | ١٨٠ |

## طرق الرفع المساحي بالبوصلة المنشورية

تبعا لطبيعة المنطقة المطلوب رفعها باستخدام البوصلة المنشورية تتنوع طرق الرفع بين :

١- طريقة الثبات أو الإشعاع
٢- طريقة التقاطع
٣- طريقة اللف والدوران

### أولا :- *طريقة الثبات أو الإشعاع :*

بعد إجراء عملية الاستكشاف واختيار رؤوس المضلع ، وكذلك رسم الكروكي في دفتر الحقل يتم التأكد من إمكانية رصد كل رؤوس المضلع من نقطة مركزية داخل المضلع ، كذلك إمكانية قياس الأطوال بين هذه النقطة المركزية وبين كل نقطة من نقط رؤوس المضلع عن طريق الشريط .

ومن أهم مميزات هذه الطريقة .

١- أخذ جميع الانحرافات من نقطة أساسية دون اللجوء إلى انحرافات خلفية
٢- لا ينشا عنها خطأ قفل .
٣- يتلاشى التأثير المحلي نظرا للتوجيه من نقطة واحدة .

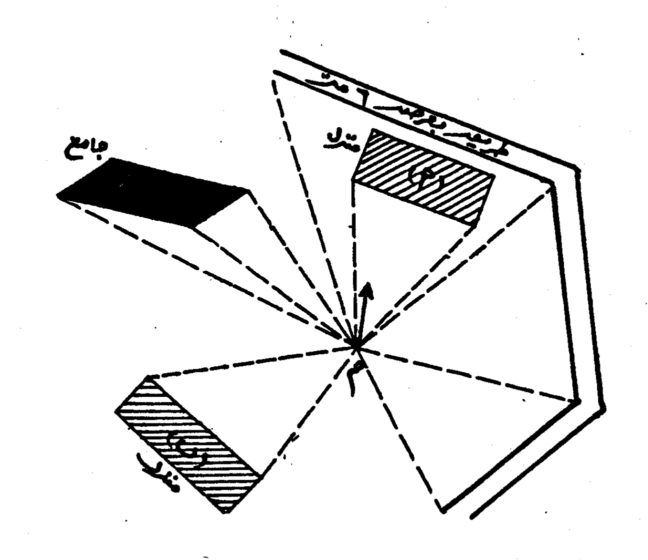
أما أهم عيوب هذه الطريقة :

١- كثرة القياس من النقطة الأساسية إلى الظاهرات المطلوب رفعها مما يستنزف جهدا كبيرا ، خاصة إذا كانت الأطوال المقاسة أطول من طول الشريط .

٢- كثرة التوجيه من نقطة الأساس مما يزيد من احتمال الخطأ في تقدير الاتجاهات

**طريقة العمل :-**

١- يقسم دفتر الغيط إلى صفحتين متقابلتين : يرسم في أحدهما كروكي للمنطقة المراد رفعها وموقع النقطة الأساسية المختارة ، وتسمى بنقطة الثبات ، ويستحسن أن يكون موقعها في منتصف المنطقة حتى يمكن رؤية جميع الأهداف ، ويصمم جدول في الصفحة المقابلة من أربع خانات رأسية : الاتجاه ، الانحراف عن الشمال المغناطيسي ، الطول ، والملاحظات : أنظر الشكل رقم (٨٢) .




| الاتجاه | الانحراف بالدرجات | الطول | ملاحظات |
|---|---|---|---|
| ١ | ٣٣٦ | ٧١ | بداية طريق بعرض ٦ متر |
| ٢ | ٣٥٢ | ٤١ | ركن منزل ( أ ) قائم الزوايا |
| ٣ | ٣٥ | ٤١ | ركن منزل ( أ ) بعرض ١٢ متر |
| ٤ | ٤٣ | ٦٢ | انحناء الطريق |
| ٥ | ٩٨ | ٥٦ | انحناء الطريق |
| ٦ | ١٤٧ | ٤٥ | انحناء الطريق |
| ٧ | ٢١٠ | ٤١ | ركن منزل ( ب ) قائم الزوايا |
| ٨ | ٢٥٠ | ٥٣ | ركن المنزل ( ب ) بعرض ١١ |
| ٩ | ٢٩٠ | ٨٣ | ركن الجامع على شكل متوازى الأضلاع |
| ١٠ | ٣٠٠ | ٥١ | ركن الجامع |
| ١١ | ٣٢٠ | ٤٨ | ركن الجامع |

شكل رقم ( ٨٢ )

٢- توضع البوصلة عند النقطة الأساسية م ، وتثبت فـوق حاملهـا الثلاثـي بحيث تسامت النقطة بواسطة خيط الشاغول مع جعل البوصلة أفقية تماما .

٣- توجه البوصلة المنشورية إلى الظاهرات والأهداف المطلوب رفعها فـي المنطقة ابتداء من اتجاه الشمال المغناطيسي تقريبا ومع اتجاه عقرب الساعة ، ويتم التوجيه من فتحـة المنشـور الرأسـية إلـى الشـعرة التـي تتوسـط الدليل وتحرك البوصلة حركة أفقية حتى يتم رصـد أول نقطـة مـن نقـط المضلع أو أي ظاهرة أخرى ، بعد أن تثبـت حركـة الإبـرة المغناطيسـية ومن خلال الفتحة المستديرة للمنشور تقرأ درجة انحراف الضلع ويقاس طوله من نقطة الأساس .

٤- ترقم الأهداف أو الاتجاهات التي يتم تحديدها ورصدها في الكروكي وفي الجدول المقابل له ، ويسجل أمام كل اتجاه انحرافه الدائري وطوله .

٥- بعد إتمام عملية الرصد في الحقل تأتي بعد ذلك مرحلة توقيع الأرصـاد المدونـة فـي دفتـر الغـيط علـى الخريطـة أو اللوحـة المـراد إنشاؤها ، ويتم اختيار مقياس رسم مناسب ، أو تبعا لمقياس الخريطة الأصلي ، ويجرى الآتي .

أ- على لوحة الرسم توقع نقطة تقابل النقطة المركزية م في الطبيعة على خط اتجاه يمثل اتجاه الشمال المغناطيسي .

ب- باستخدام المنقلة الدائرية ومن النقطة المركزية م ترسم زوايـا تسـاوي درجات انحراف اتجاهات الأهداف الموقعة في الجدول والكروكي ، وترسـم أشعة لتعين هذه الاتجاهات .

ج- بمقياس الرسم المختار يحدد طول كل إشعاع تبعا للقياس الطـولي مـن الطبيعة للمسافات بين النقطة م وبين رؤوس المضلع .

د- بعد تحديد مواقع الأهداف المرصودة يـتم توصـيل الخطـوط ، وبـذلك يكون قد تم رفع وتوقيع المضلع وجميع الظاهرات التي تهدف إليهـا عمليـة المسح الجغرافي .

## ثانيا : طريقة التقاطع :

تستخدم طريقة التقاطع عند الرفع بالبوصلة المنشورية عندما يتعذر قياس أطوال المضلع قياسا مباشرا بسبب اعتراض برك ومستنقعات لخطوط القياس ، كما تستخدم عندما تكون أطوال المضلع كبيرة نسبيا يصعب معها قياسها بدقة فضلا عن إجراء عملية التوجيه أثناء القياس التي تستلزم وقتا وجهدا كما أن نتائج القياس تكون غير دقيقة وتقل دقتها كلما زاد طول الضلع .

ولإجراء عملية الرفع بطريقة التقاطع ينبغي توفر شرطان هما :

١- إمكانية رؤية جميع نقط المضلع من نقطتين أساسيتين قد يكونا داخل المضلع أو خارجه .

٢- إمكانية قياس المسافة بين النقطتين الأساسيتين قياسا مباشرا و دقيقا .

وأهم ما تتميز به هذه الطريقة ما يلي :

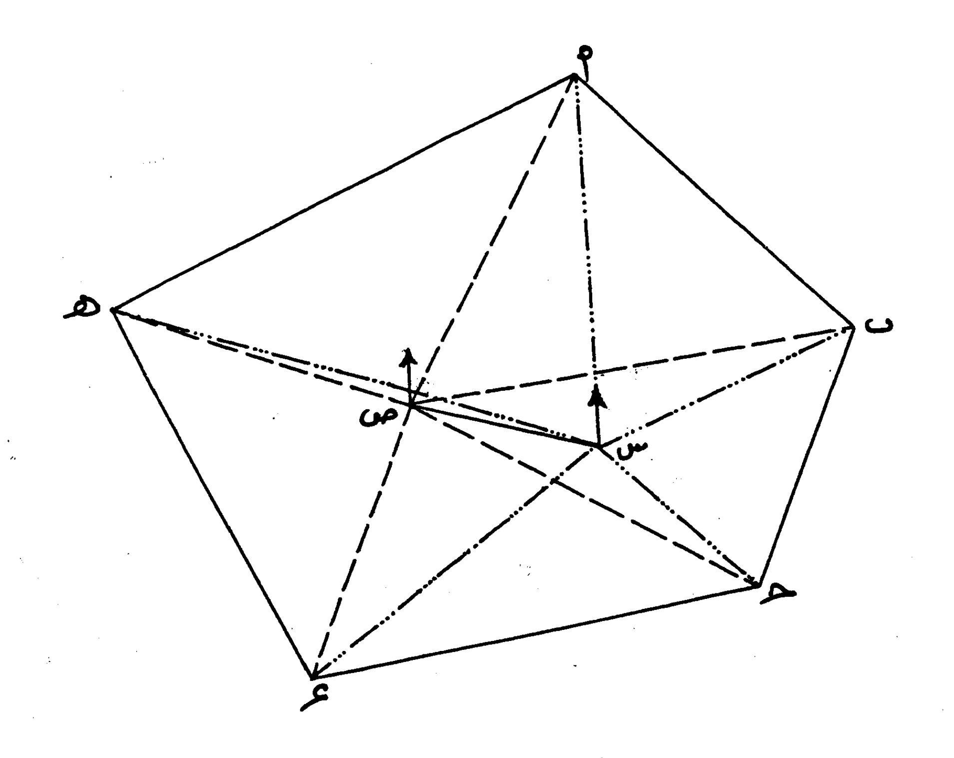
١- عدم قياس جميع الأضلاع والاكتفاء بقياس خط القاعدة فقط .
٢- عدم حدوث خطأ قفل في هذه الطريقة .
٣- يمكن بواسطتها رفع أهداف لا يمكن الوصول إليها .

**طريقة العمل :**

١- لرفع المضلع أ ب جـ د هـ أ المقفل بالبوصلة المنشورية بطريقة التقاطع يتم اختيار خط طول مناسب داخل حدود المضلع ، بحيث يمكن التوجيه والرصد من طرفي س ، ص على كل نقطة من نقط رؤوس المضلع ويتم قياس طول هذا الخط قياسا دقيقا بأدوات قياس الأطوال ( شكل ٨٣) .

٢- يقف الراصد عند أحد طرفي خط القاعدة ولتكن نقطة س ، ويقوم برصد الانحرافات الأمامية بالبوصلة المنشورية لنقط رؤوس المضلع من النقطة الواقف عليها ، وكذلك الانحراف الأمامي لخط القاعدة نفسه .

٣- يتم الانتقال بالبوصلة المنشورية إلى النقطة ص عند الطرف الثاني لخط القاعدة ، ويتم التمركز بالبوصلة مسامته لنقطة ص وأفقية ، والتوجيه لرؤوس المضلع وجميع الظاهرات المطلوبة ، وكذلك الانحراف الخلفي لخط القاعدة نفسه .




| | س | ص | أ | ب | جـ | د | هـ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| س | - | ٢٨٧° | ٣٦٠° | ٦٧° | ١٣٣° | ٢٣٢° | ٢٨٩° |
| ص | ١٠٧° | - | ٢٨° | ٨٢° | ١٢٠° | ٢٠٢° | ٢٩١° |

شكل رقم ( ٨٣ )

٤- من واقع الأرصاد المدونة والمعلومات المأخوذة الخاصة بالمضلع نبدأ في رسمه بكل دقة تبعا للخطوات الآتية :

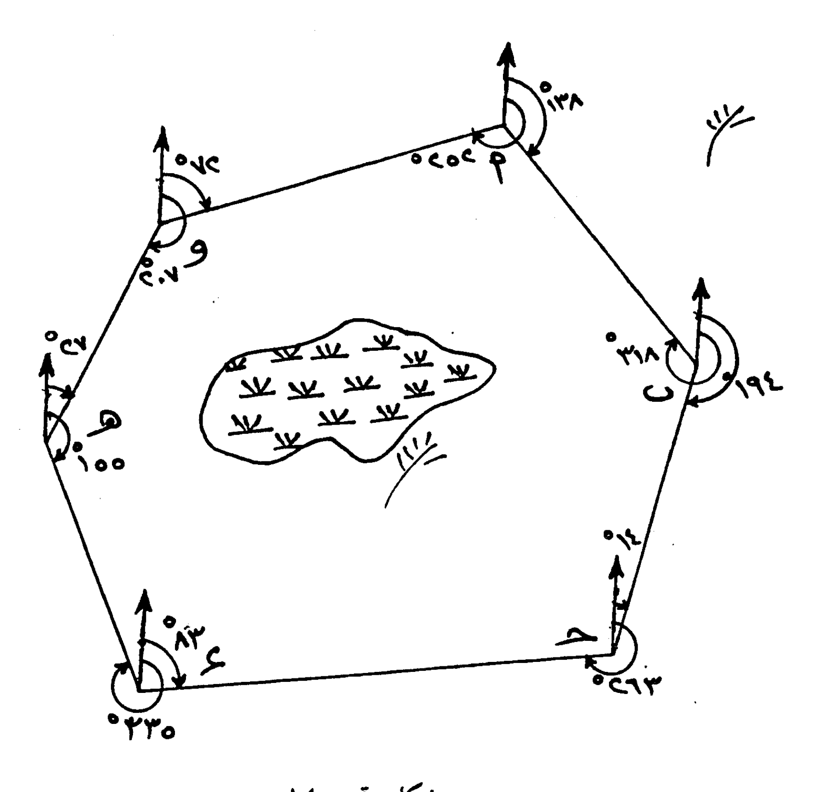
(أ) نختار موقع متوسط لتوقيع نقطة س( وهي إحدى طرفي خط القاعدة ) ويرسم عليها خط يمثل اتجاه الشمال المغناطيسي ، ومن نقطة س وباستخدام المنقلة نرسم زاوية الانحراف الأمامي لخط القاعدة س ص ويرسم الاتجاه من س إلى ص ، وتبعا لمقياس الرسم وطول خط القاعدة تحدد نقطة ص ، ويرسم لها اتجاه الشمال ويقاس الانحراف الخلفي للخط س ص للتأكد من دقة التوقيع والرسم .

(ب) يرسم من نقطة س بالمنقلة أشعة تمثل الانحرافات الدائرية لنقط رؤوس المضلع السابق رصدها عن اتجاه الشمال المغناطيسي ، ثم ننتقل إلى نقطة ص ونكرر نفس العمل .

(ج) يتلاقى كل شعاعين يمثلان أحد رؤوس المضلع والمرسومين من نقطتي س،ص في نقطة ، فتكون هذه النقطة هي مكان رأس المضلع ، ونصل بين هذه الرؤوس فنحدد بذلك شكل المضلع ، ومنه نستطيع أن نعرف أطوال كل ضلع من أضلاع هذا الترافيرس تبعا لمقياس الرسم المنتخب .

## ثالثا :- طريقة اللف والدوران :

تستخدم طريقة اللف والدوران في حالة ما إذا كانت المنطقة المراد رفعها متسعة المساحة وتوجد فيها عقبات تمنع رؤية النقط كلها من نقطة واحدة أو نقطتين ، ويراعى فيها أن تكون كل نقطة يمكن عند الوقوف عليها رؤية النقطة السابقة والنقطة اللاحقة لها ، وتستخدم هذه الطريقة في توقيع هياكل الترافيرسات فقط ، أما تحشية الترافيرس فإنها تتم إما بطريقة الثبات أي احتلال كل نقطة من نقط رؤوس المضلع ورفع التفاصيل والأهداف الموجودة حوله ، أو بطريقة التقاطع عن طريقة اعتبار كل ضلع من أضلاع الترافيرس كخط قاعدة ، أو باعتبار كل ضلع من أضلاع الترافيرس خط جنزير أو شريط وإجراء التحشية عليه للظاهرات المطلوب رفعها بإقامة الإحداثيات الأفقية وقياس أطوالها .




شكل رقم ( ٨٤ )

أما عن أهم عيوب طريقة اللف والدوران فهي :

١- ينشأ عنها خطأ قفل .
٢- قد ينتج عنها أخطاء في قياس الانحرافات الأماميــة والخلفيــة بســبب الجاذبية المحلية وعدم دقة الأرصاد المأخوذة بالبوصلة المنشورية .
٣- إستنزاف وقت وجهد أكبر عن طريقتي الثبات والتقاطع .

**خطوات العمل :**

١- تتم عملية الرفع باختيار إحدى نقــط رؤوس المضــلع ولــتكن أ ، يــتم التمركز بالبوصلة المنشورية مسامته لنقطة أ مع الحفاظ على أفقية البوصلة ، يتم التوجيه إلى النقطة ب ورصد الانحراف الأمامي للضلع أب وتسجيله فــي الخانة المخصصة للانحرافات الأمامية أمام الضلع أب ، ثم يتم التوجيه إلــى النقطة و ورصد الانحراف الخلفي للضلع و أ وتسجيله في خانة الانحرافــات الخلفية أمام الضلع وأ ( شكل رقم ٨٤ ) .

٢- ننتقل إلى النقطة ب وتوضع عليها البوصلة مع مراعــاة ضــبط أفقيتهــا وتسامتها ، وتوجه البوصلة إلى نقطة أ ويقــرأ تــدريج القــرص فنحصــل على الانحراف الخلفــي للضــلع أب ، ثــم توجــه البوصــلة إلــى نقطــة جـ فنحصل على الانحراف الأمــامي للضــلع ب جــ ، يقــاس الضــلع ب جــ وتدون هذه الأرصاد في الجدول ، ثم تحشى الظــاهرات والتفاصــيل على جانبي الضلع ب جــ .

٣- تكرر نفس الخطوات بالنسبة لكل نقطة من نقط رؤوس المضلع حتى يتم رصد الانحرافات الأمامية والانحرافات الخلفية لكل خطوط المضــلع مدونــة داخل جدول أرصاد البوصلة المنشورية في دفتر الغيط .

٤- باستخدام الشريط تقاس أطوال الخطوط أب ، ب جــ ، جــ د ، د هــ ، هــ و ، وأ بذلك يكون قد تم رفع المضلع المطلوب .

رسم مضلع طريقة اللف والدوران

١- توقيع الخطوط بالمنقلة بواسطة انحرافاتها المصححة :

نفرض إننا نريد توقيع مضلع سبق تصحيحه فنبدأ مــن نقطــة أ مــثلا ونرسم اتجاه الشمال عندها ، ثم نرسم خطا يمثل انحراف أب ونوقــع عليــه الطول المقاس بالشريط بمقياس رسم مناسب فنتعين ب ، من ب نرسم اتجــاه الشمال ثم نعين اتجاه ب جـ بتوقيع انحرافه ، ثم نأخذ عليه الطول ب جــــ بمقياس الرسم وهكذا نكرر العملية حتى نوقع جميع خطوط المضلع .

٢- توقيع الخطوط بالزوايا الداخلية للمضلع :

تحسب الزوايا الداخلية بين الخطوط بعد تصحيح الانحرافات ثم نوقع خطا بعد آخر بالمسطرة والمنقلة بمعلومية أطوال الخطوط والزوايا بينها .

### تصحيح خطأ القفل

بعد توقيع كل أضلاع الترافيرس قد يحدث ما يعرف بخطأ القفل نتيجة لبعض أخطاء الرصد أو التوقيع ، ويظهر هذا الخطأ عندما لا تنطبق نقطة بداية توقيع المضلع على نقطة نهايته ، فإذا كان الخطأ في حدود المسموح به يتم تصحيح هذا الخطأ بتوزيعه على أطوال المضلع ، أما إذا كان الخطأ غير مسموح به فيجب إعادة العمل كله .

وخطأ القفل المسموح به في البوصلة كما يلي :

$$\text{نسبة خطأ القفل} = \frac{\text{طول خطأ القفل}}{\text{طول محيط مضلع}}$$

ونسبة الخطأ المسموح به في المدن والأراضي الزراعية المنبسطة حيث تقاس الأطوال بالشريط هي ١ : ٥٠٠ ، أما نسبة الخطأ المسموح به في الأراضي الوعرة الصحراوية حيث تقاس الأطوال بالجنزير فهي ١ : ٣٥٠ .

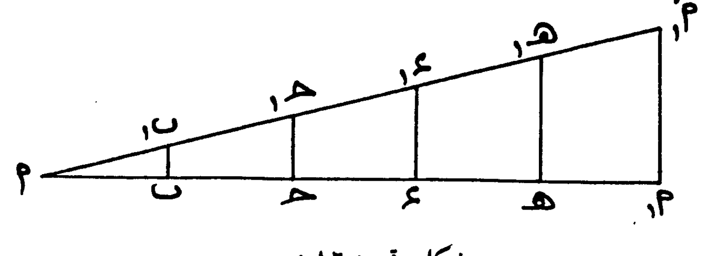
ويتم تصحيح الخطأ بالطريقة الآتية :

أ- نرسم خطا مستقيما مساويا لطول محيط المضلع أ ب جـ د هـ أ١ ، ونحدد عليه أطوال الأضلاع أ ب ، ب جـ ، جـ د ، ء هـ ، هـ أ١ (شكل ٨٥ ) .

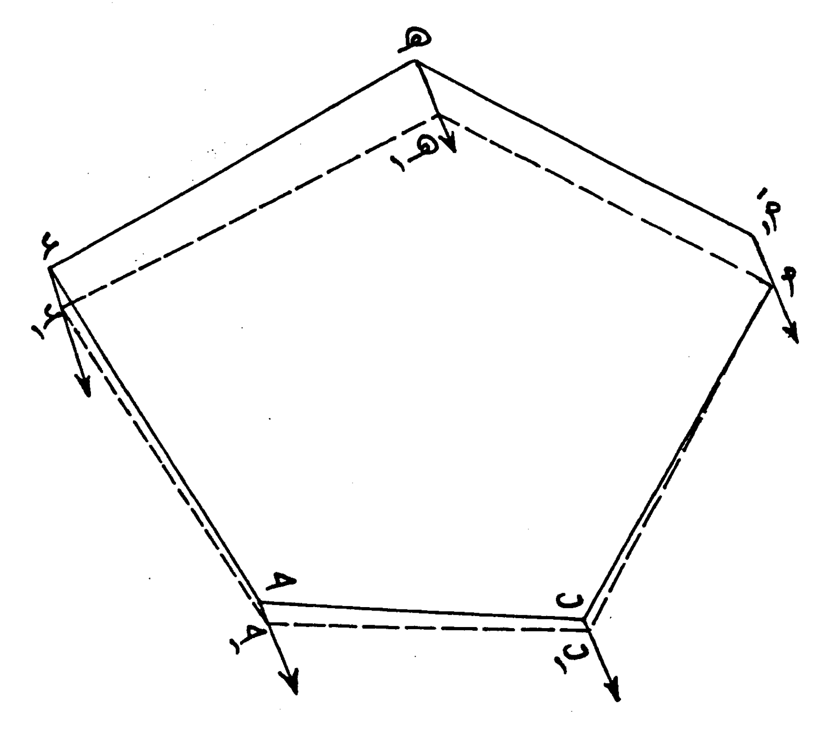
ب- نقيم من نقطة أ١ عمود طوله يساوي طول خط القفل أ١ أَ١

ج- نصل بين نقطة أ ونهاية العمود أ١ أَ١ فيتكون لدينا مثلث .

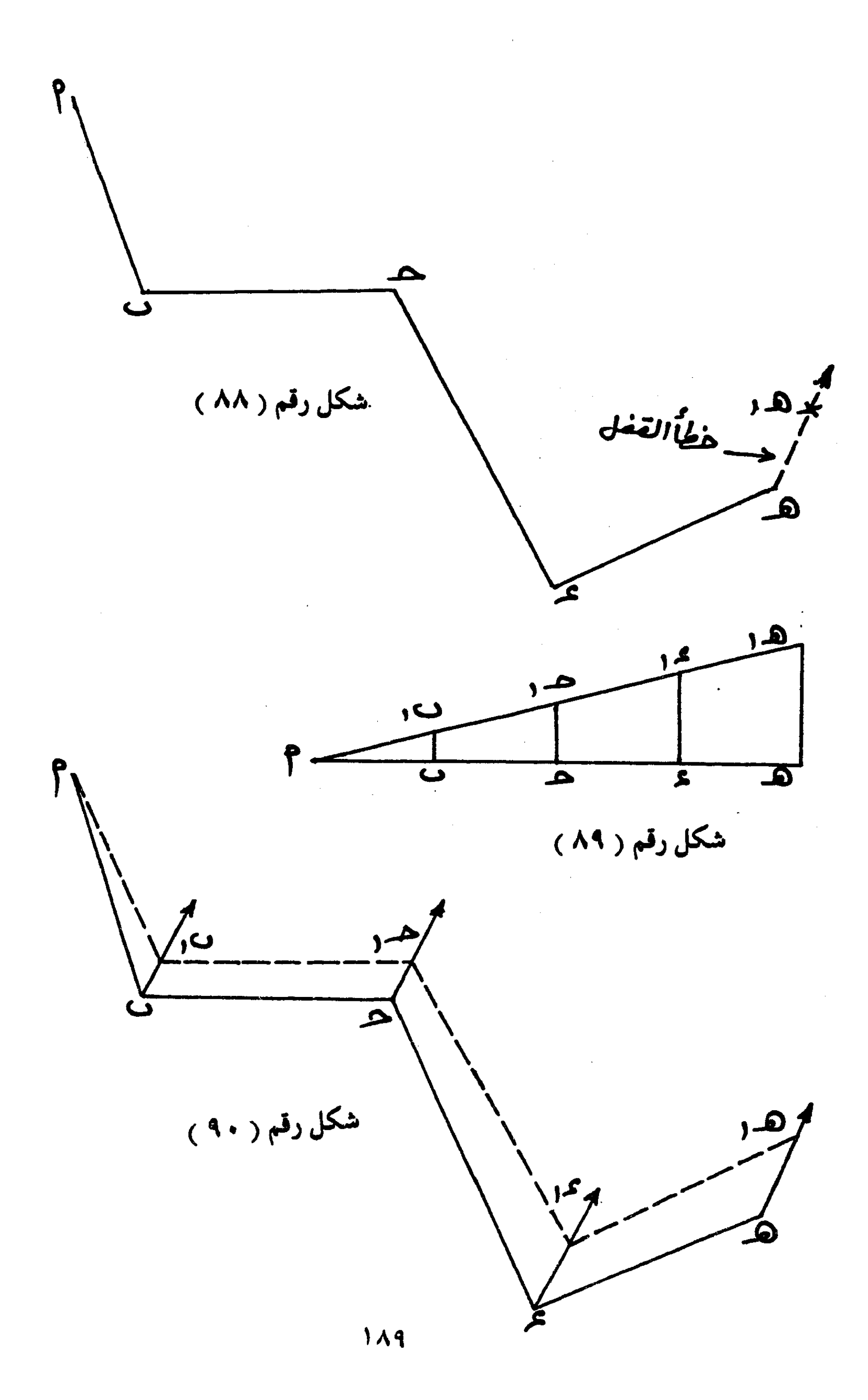
د- من النقط ب ، جـ ، د ، هـ تقام أعمدة تلاقي وتر المثلث في النقط ب١ ، جـ١، د١ ، هـ١ بذلك يكون طول كل عمود منها مساويا لنصيب كل خط من خطوط الضلع من التصحيح تبعا لطوله ( شكل رقم ٨٦ ) .



شكل رقم ( ٨٦ )



شكل رقم ( ٨٧ )




شكل رقم ( ٨٨ )

شكل رقم ( ٨٩ )

شكل رقم ( ٩٠ )

هـ- ولزحزحة نقط رؤوس المضلع ، نرسم على المضلع خطأ القفل أ، أ َ، ، وذلك برسم خط يصل بين هاتين النقطتين ونعين اتجاهه بسهم من نقطة النهاية إلى نقطة البداية ( شكل رقم ٨٧ ) .

و- ترسم خطوط موازية لخطأ القفل عند كل نقطة من رؤوس المضلع ويحدد على كل خط منها طول يساوي طول العمود الخاص بتصحيح خطأ القفل فتحدد نقط جديدة هي ب١ ، جـ١، د١ ، هـ١ تمثل رؤوس المضلع المصحح المقفل .

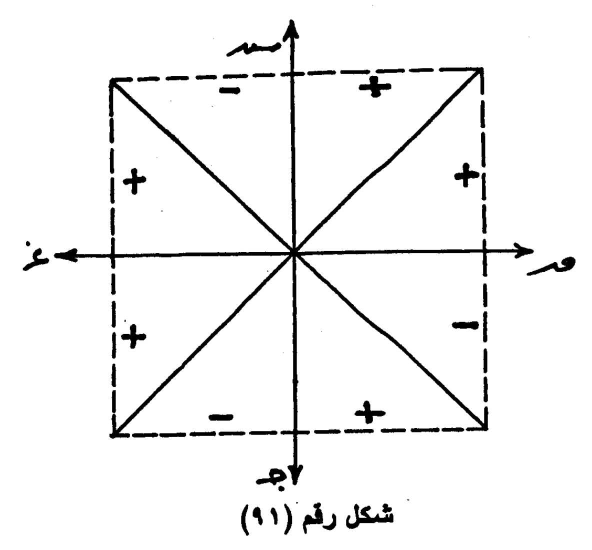
وفي الترافرس المفتوح ، أي الذي يبدأ من نقطة وينتهي عند نقطة أخرى غير التي بدأنا منها ، والنقطتان محددتان من قبل على الخريطة أو معروف أحداثياتهما من قبل ، تتخذ نفس الخطوات السابقة ، والشكل رقم (٨٨) يوضح ترافيرس مفتوح بدأ من نقطة أ وانتهى إلى النقطة هـ التي لم تنطبق على نقطة هـ١ الأصلية ، مارا بنقط وسيطية غير صحيحة هي ب ، جـ ، د .

والشكل رقم (٨٩ ) يوضح مقدار ما تحمله كل نقطة من النقط الوسطية من الخطأ ومقدار زحزحة كل منها .

أما الشكل رقم (٩٠ ) فيوضح أضلاع الترافيرس المفتوح بعد تصحيحها وزحزحة النقط الجديدة الوسيطية ب ، جـ ، د ، هـ إلى ب١ ، جـ١، د١ ، هـ١ على التوالي .

٣- رسم المضلع بمركبات الأضلاع

أي ضلع في الترافيرس يمكن إسقاطه في اتجاه المحورين المتعامدين ( الشرق والشمال ) ويطلق على مسقطه في اتجاه الشرق المركبة الأفقية ، وعلى مسقطه في اتجاه الشمال المركبة الرأسية ، وتختلف إشارة المركبات باختلاف ربع الدائرة الذي يقع فيه الضلع ، والشكل رقم (٩١) يبين إشارة مركبات الأضلاع .




شكل رقم (٩١)

أما قيمة المركبات فتتوقف على طول الضلع وزاوية انحرافه حيث :
طول المركبة الرأسية = طول الضلع × جتا زاوية الانحراف المختصر .
طول المركبة الأفقية = طول الضلع × جا زاوية الانحراف المختصر .

ولكي يكون المضلع المقفل صحيحا يجب أن يكون المجموع الجبري للمركبات الرأسية لخطوط المضلع يساوي المجموع الجبري للمركبات الأفقية لخطوط المضلع ويكون المجموعان يساويان صفرا .

وإذا كان مجموع المركبات الرأسية الموجبة لا يساوي مجموع المركبات الرأسية السالبة ، وبالمثل في المركبات الأفقية فإننا نحصل من هذه الفروق على مقدار المركبات الرأسية والأفقية لخطأ القفل للمضلع والذي يطلق عليه خطأ القفل الضلعي .

**مثال (٣١) : الانحرافات المبينة في الجدول التالي رقم ( ٨) هي انحرافات مضلع مقفل أ ب جـ د هـ أ بعد تصحيحها من تأثير الجاذبية المحلية ، فحاول رسمه بطريقة المركبات ، مع العلم بأن المضلع يمثل منطقة صحراوية وعرة .**

**جدول رقم (٨)**

| الضلع | الطول | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | | الفرق |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | ١١٠ | ١٨ | °١٨٥ | ١٨ | °٥ | °١٨٠ |
| ب جـ | ٨٨ | ٠٠ | ٢٨٤ | ٠٠ | ١٠٤ | ١٨٠ |
| جـ د | ٨٦ | ١٢ | ٣٠٦ | ١٢ | ١٢٦ | ١٨٠ |
| د هـ | ٩٢ | ٢٨ | ٤٠ | ٢٨ | ٢٢٠ | ١٨٠ |
| هـ أ | ١٠٥ | ٤٦ | ١٠٦ | ٤٦ | ٢٨٦ | ١٨٠ |

خطوات الحل :

١- نرتب الأرصاد المؤخوذة بالبوصلة كما هو مبين في الجدول رقم (٩) حيث يوضع في العمود الأول اسم الخط ، وفي العمود الثاني طوله المقاس وفي الثالث الانحراف الأمامي الدائري المصحح .

٢- تحسب الانحرافات المختصرة وتوضع في العمود الرابع .

٣- تحسب المركبات الأفقية والرأسية لكل خط على حدة بضرب طول هذا الخط في جيب وجيب تمام زاوية انحرافه المختصر مع مراعاة وضع الإشارة .

تجمع المركبات جبريا فإذا ساوى المجموع صفرا فإنه لا توجد أخطاء قفل ضلعي أما إذا كان المجموع يساوي مقدارا معينا فإن هذا المقدار هو عبارة عن مركبة الخطأ الأفقية والرأسية .

وعلى ذلك يكون مقدار خطأ القفل الضلعي (خ ) هو .

$$\text{خ} = \sqrt{(\text{المجموع الجبري للمركبات الأفقية})^2 + (\text{المجموع الجبري للمركبات الرأسية})^2}$$

$$\text{ثم نحسب نسبة خطأ القفل} = \frac{\text{طول خطأ القفل الضلعي}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}}$$

فإذا كان خطأ القفل مسموح به فتوزع قيمة التصحيح على مركبات الأضلاع للحصول على مضلع مقفل ، ويتم التصحيح بطريقة بودتش – أي بنسبة طول كل ضلع إلى مجموع أطوال الأضلاع ، ولتوزيع خطأ القفل بهذه الطريقة يجرى الآتي :

## جدول رقم (٩)

| الضلع | الطول | الانحراف الأمامي | الانحراف المختصر | المركبات غير المصححة (مترا) | | المركبات المصححة (مترا) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | الرأسية | الأفقية | الأفقية | الأفقية |
| أ ب | ١١٠ | ١٨َ ١٨٥° | جـ غ ١٨َ ٥° | - ١٠٩,٥٢٩٧ | - ١٠,١٦٠٨ | - ١٠٩,٩١١٦ | - ٩,٥٢٦٤ |
| ب جـ | ٨٨ | ٠٠ ٢٨٤ | ش غ ٠٠ ٧٦ | + ٢١,٢٨٩١ | - ٨٥,٣٨٦٠ | + ٢٠,٩٨٣٦ | - ٨٤,٨٧٨٥ |
| جـ د | ٨٦ | ١٢ ٣٠٦ | ش غ ٤٨ ٥٣ | + ٥٠,٧٩٢١ | - ٦٩,٣٩٨٦ | + ٥٠,٤٩٣٥ | - ٦٨,٩٠٢٦ |
| د هـ | ٩٢ | ٢٨ ٤٠ | ش ق ٢٨ ٤٠ | + ٦٩,٩٩٢١ | + ٥٩,٧٠٨٥ | + ٦٩,٦٤٢٧ | +٦٠,٢٣٩١ |
| هـ م | ١٠٧ | ٤٦ ١٠٦ | جـ ق ١٤ ٧٣ | - ٣٠,٨٦٦٨ | + ١٠٢,٤٥١٢ | - ٣١,٢٣٨٣ | + ١٠٣,٠٦٨٣ |
| | ٤٨٣ | | | + ١,٦٧٦٨ | -٢,٧٨٥٧ | - ٠,٠٠٠١ | - ٠,٠٠٠١ |

تصحيح المركبة الرأسية للضلع = (طول الضلع × المركبة الرأسية لخطأ القفل) / (مجموع أطوال أضلاع الترافيرس)

تصحيح المركبة الأفقية للضلع = (طول الضلع × المركبة الأفقية لخطأ القفل) / (مجموع أطوال أضلاع الترافيرس)

فمن الجدول نجد أن المركبة الرأسية لخطأ القفل الضلعي
= + ١,٦٧٦٨ م والمركبة الأفقية له = − ٢,٧٨٥٧ م .

فيكون طول خطأ القفل = √((١,٦٧٦٨)² + (− ٢,٧٨٥٧)²) = ٣,٢٥١٤ م

ونسبة خطأ القفل الضلعي = ٣,٢٥١٤ / ٤٨٣ = ١ / ١٤٨,٦

ولأن المضلع مأخوذ في منطقة صحراوية وعرة لذلك فالخطأ الناتج خطأ مسموح به ، وبذلك يمكن تصحيح المركبات الرأسية والأفقية لأضلاع هذا الترافيرس ،مع ملاحظة أن إشارة التصحيح تكون بعكس إشارة مركبة خطأ القفل .

تصحيح المركبة الرأسية للضلع أ ب = (١١٠ × − ١,٦٧٦٨) / ٤٨٣ = − ٠,٣٨١٩

وتكون المركبة الرأسية للضلع أ ب = − ١٠٩,٥٢٩٧ − ٠,٣٨١٩
= − ١٠٩,٩١١٦ .

تصحيح المركبة الرأسية للضلع ب جـ = (٨٨ × − ١,٦٧٦٨) / ٤٨٣ = − ٠,٣٠٥٥

وتكون المركبة الرأسية للضلع ب جـ = +٢١,٢٨٩١ − ٠,٣٠٥٥
= +٢٠,٩٨٣٦

٨٦ × - ١,٦٧٦٨

تصحيح المركبة الرأسية للضلع جـ د = ـــــــــــــــــــ = - ٠,٢٩٨٦

٤٨٣

وتكون المركبة الرأسية للضلع جـ د = +٥٠,٧٩٢١ – ٠,٢٩٨٦

= +٥٠,٤٩٣٥

٩٢ × - ١,٦٧٦٨

تصحيح المركبة الرأسية للضلع د هـ= ـــــــــــــــــــ =- ٠,٣١٩٤

٤٨٣

وتكون المركبة الرأسية المصححة للضلع د هـ =٦٩,٩٩٢١ –٠,٣١٩٤

= +٦٩,٦٧٢٧

١٠٧ × - ١,٦٧٦٨

تصحيح المركبة الرأسية للضلع هـ أ = ـــــــــــــــــــ = - ٠,٣٧١٥

٤٨٣

وتكون المركبة الراسية للضلع هـ أ =-٣٠,٨٦٦٨ – ٠,٣٧١٥

= -٣١,٢٣٨٣

١١٠ × ٢,٧٨٥٧

تصحيح المركبة الأفقية للضلع أ ب = ـــــــــــــــــــ = + ٠,٦٣٤٤

٤٨٣

وتكون المركبة الأفقية للضلع أ ب = - ١٠,١٦٠٨ + ٠,٦٣٤٤

=- ٩,٥٢٦٤

٨٨ × ٢,٧٨٥٧

تصحيح المركبة الأفقية للضلع ب جـ = ـــــــــــــــــــ = + ٠,٥٠٧٥

٤٨٣

وتكون المركبة الأفقية للضلع ب جـ = - ٨٥,٣٨٦٠ + ٠,٥٠٧٥

= - ٨٤,٨٧٨٥

٨٦ × ٢,٧٨٥٧

تصحيح المركبة الأفقية للضلع جـ د = ـــــــــــــــــــ = + ٠,٤٩٦٠

٤٨٣

وتكون المركبة الأفقية للضلع جـ د = -٦٩,٣٩٨٦ +٠,٤٩٦٠

= -٦٨,٩٠٢٦

٢,٧٥٧ × ٩٢

تصحيح المركبة الأفقية للضلع د هـ = ———————— = +٠,٠٥٣٠٦

٤٨٣

وتكون المركبة الأفقية للضلع د هـ = + ٥٩,٧٠٨٥ + ٠,٠٥٣٠٦

= +٦٠,٢٣٩١

٢,٧٨٥٧ × ١٠٧

تصحيح المركبة الأفقية للضلع هـ أ = ———————— = +٠,٦١٧١

٤٨٣

وتكون المركبة الأفقية للضلع هـ أ = + ١٠٢,٤٥١٢ + ٠,٦١٧١

= + ١٠٣,٠٦٨٣.

وبعد تصحيح مركبات الترافيرس حسابيا يمكن توقيعه بتوقيع ضلع بعد آخر بواسطة مركباته المصححة شكل (٩٢) فمثلا إذا بدأنا بنقطة أ في وضع مناسب من اللوحة ، ثم نرسم الخط أب بالمركبة الأفقية ٩,٥٢٦٤ ناحية اليسار (الغرب) لأنها سالبة ثم المركبة الرأسية ١٠٩,٩١١٦ إلى أسفل (جنوبا) لأنها سالبة أيضا فنحصل على نقطة ب ثم نوقع جـ بالمركبة الأفقية ٨٤,٨٧٨٥ إلى اليسار (الغرب) لأنها سالبة وبالمركبة الرأسية ٢٠,٩٨٣٦ إلى أعلى ( الشمال ) لأنها موجبة ، وهكذا حتى نصل إلى نقطة أ مرة ثانية لأننا استعملنا المركبات المصححة .

وهناك طريقة أفضل لرسم الترافيرس وهي طريقة حساب إحداثيات النقاط وتسهل هذه الطريقة كثيرا عملية الرسم ، وذلك بأن نحول مركبات
الخطوط إلى إحداثيات النقط فمثلا نختار للنقطة أ إحداثيين اختياريين ( أو تكون معلومة لدينا سابقا ) وليكن الأفقي صفر والرأسي صفر وتحسب إحداثيات النقط الأخرى بإضافة مركبات كل خط جبريا إلى النقطة السابقة ، فمثلا نضيف مركبات الضلع أب المصححة إلى أ فنحصل على احداثيات ب ، ونضيف مركبات الضلع ب جـ المصححة إلى ب فنحصل على إحداثيات جـ ، وهكذا حتى نصل إلى نقطة البدء للتحقيق كما في الجدول التالي :

جدول رقم ( ١٠ )

| النقطة والخط | الإحداثي الراسي | الإحداثي الأفقي |
| --- | --- | --- |
| أ | صفر | صفر |
| أ ب | ١٠٩,٩١١٦ - | ٩,٥٢٦٤ - |
| ب | ١٠٩,٩١١٦ - | ٩,٥٢٦٤ - |
| ب جـ | ٢٠,٩٨٣٦ + | ٨٤,٨٧٨٥ - |
| جـ | ٨٨,٩٢٨- | ٩٤,٤٠٤٩ - |
| جـ د | ٥٠,٤٩٣٥ + | ٦٨,٩٠٢٦ - |
| د | ٣٨,٤٣٤٥ - | ١٦٣,٣٠٧٥ - |
| د هـ | ٦٩,٦٧٢٧ + | ٦٠,٢٣٩١ + |
| هـ | ٣١,٢٣٨٢ | ١٠٣,٠٦٨٤ - |
| هـ أ | ٣١,٢٣٨٣ - | ١٠٣,٠٦٨٣ + |
| أ | ٠,٠٠٠١ - | ٠,٠٠٠١- |

## الأرصاد الناقصة في مضلع البوصلة

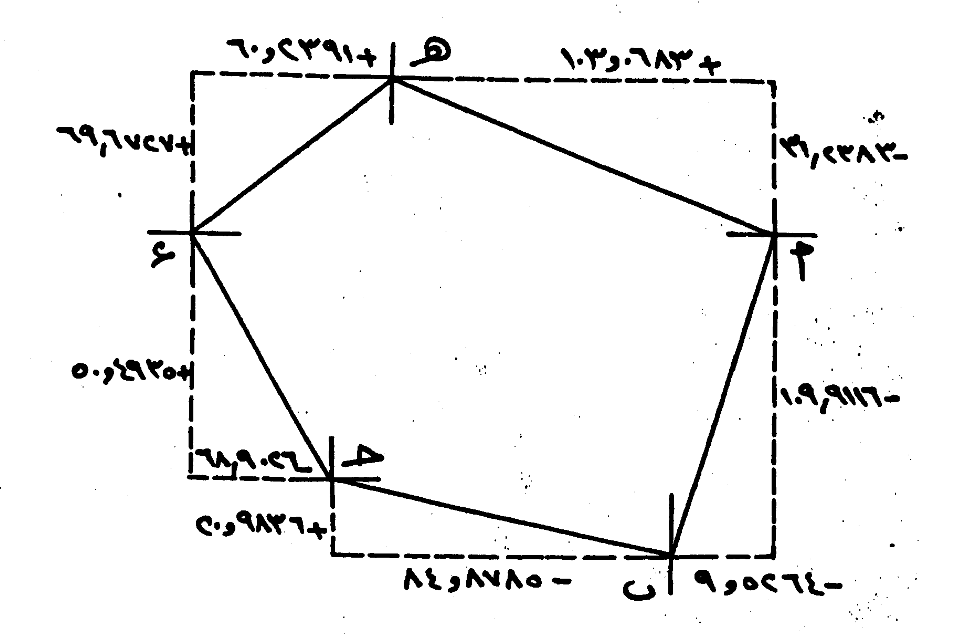
**( حساب طول وانحراف خط لم يرصد )**

أحيانا لا يتيسر قياس طول ضلع في ترافيرس أو رصد انحرافه في هذه الحالة نأتي بمركبات الأضلاع وتكون المركبات الرأسية والأفقية للضلع المجهول هي مجموع المركبات الرأسية والأفقية لجميع الأضلاع مع عكس الإشارة وذلك لاستيفاء شرط أن كل من مجموع المركبات الأفقية والرأسية يجب أن يساوي صفراً

**مثال (٣٢) : أخذت الأرصاد الآتية ( جدول رقم ١١ ) لترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ والمطلوب إيجاد طول الضلع و أ وانحرافه الأمامي والخلفي ، كذلك حساب الزاوية الداخلية هـ أ ب .**

جدول رقم (١١)

| الضلع | الطول | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | | الفرق |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| أب | ٧٦ | ٣٠ | ٢٠٩° | ٣٠ | ٢٩° | ١٨٠° |
| ب جـ | ٨٤ | ٤٥ | ٢٨٥ | ٤٥ | ١٠٥ | ١٨٠ |
| جـ د | ٤٢,٥ | ٥١ | ٣٣٣ | ٥١ | ١٥٣ | ١٨٠ |
| د هـ | ٦٨ | ٥٩ | ٦١ | ٥٩ | ٢٤١ | ١٨٠ |



هـ
٦٠و٢٣٩١+
١٠٣و٠٦٨٣ +
٦٩,٦٧٢٧+
٣٩,٢٣٨٣-
د
أ
٥٠و٤٩٢٥+
١٠٩,٩١١٦-
جـ
٦٨,٩٠٢٤
٢٠و٩٨٣٦+
٨٤و٨٧٨٥ -
ب
٩و٥٢٦٤-


شكل رقم (٩٢)

**طريقة الاجابة :-**

**يبدو من الجدول أن جميع الفروق بين الانحرافات الأمامية والخلفية تبلغ ١٨٠° لذلك يمكننا البدء في حساب انحراف الخط الأمامي والخلفي وطوله وتقدير الزاوية الداخلية و أ ب ، أما إذا كانت الفروق أكبر أو أقل من ١٨٠° فيلزم عندئذ التصحيح قبل البدء في عملية التقدير .**

**جدول رقم ( ١٢ )**

| الضلع | الطول | الانحراف الدائري | الانحراف المختصر | المركبات | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | الرأسية | الأفقية |
| أ ب | ٧٦ | ٣٠ ٢٠٩° | جـ غـ ٣٠ ٢٩° | -٦٦,١٤٧٠ | - ٣٧,٤٢٤٢ |
| ب جـ | ٨٤ | ٤٥ ٢٨٥ | ش غـ١٥ ٧٤ | + ٢٢,٨٠١٠ | -٨٠,٨٤٦٢ |
| جـ د | ٤٢,٥ | ٥١ ٣٣٣ | ش غـ ٩ ٢٦ | +٣٨,١٤٩٨ | - ١٨,٧٣٠٧ |
| د هـ | ٦٨ | ٥٩ ٦١ | ش ق ٥٩ ٦١ | +٣١,٩٤١٥ | +٦٠,٠٣١١ |
| | | | | +٢٦,٧٤٥٣ | - ٧٦,٩٧٠٠ |

وحتى يكون المجموع الجبري للمركبات الرأسية والأفقية صفر تغير الإشارة أي أن مركبات هـ أ هي ( -٢٦,٧٤٥٣) ، ( + ٧٦,٩٧٠٠) .

∴ طول الضلع هـ أ = √( (- ٢٦,٧٤٥٣)٢ + (+ ٧٦,٩٧٠٠)٢ )

= ٨١,٤٨ م

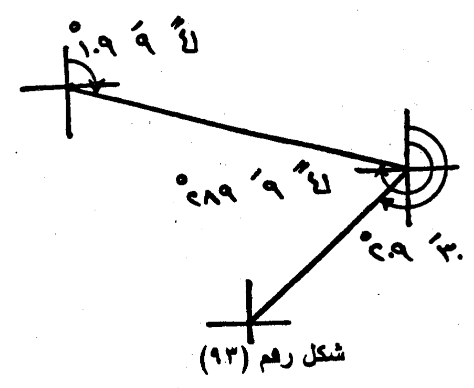
ظا الانحراف المختصر لـ هـ أ = المركبة الأفقية ÷ المركبة الرأسية = +٧٦,٩٧٠٠ ÷ - ٢٦,٧٤٥٣ = -٢,٨٧٧٩

الانحراف المختصر للضلع هـ أ = ١٩ً ٥٠َ ٧٠° جـ غـ ( لأن المركبة الأفقية موجبة والرأسية سالبة ) .

∴ الانحراف الدائري (الأمامي) للضلع هـ أ = ١٨٠°- ١٩ً ٥٠َ ٧٠°

= ٤١ً ٩َ ١٠٩°

ولحساب الزاوية هـ أ ب



شكل رقم (٩٣)

**نأتي بالانحراف الخلفي للضلع هـ أ وهو يساوي الانحراف الدائري + ١٨٠°**
**= ٤١ً ٩َ ١٠٩° + ١٨٠° = ٤١ً ٩َ ٢٨٩° ( الانحراف الخلفي)**
**ومن الشكل نجد أن مقدار الزاوية هـ أ ب = الانحراف الخلفي للضلع هـ أ**
**– الانحراف الأمامي للضلع أب .**
**∴ مقدار الزاوية هـ أ ب= ١ً ٩َ ٢٨٩° – ٠ً ٣٠َ ٢٠٩°**
**= ٤١ً ٣٩َ ٧٩°**

**مثال (٣٣) : أجريت الأرصاد الآتية للمضلع المفتوح أب جـ د الذي يبدأ من نقطة أ وإحداثياتها (٤٥٦٧٣,٩ شرقا ، ٣٥٨٦٥,٤ شمالا) وينتهي بنقطة د وإحداثياتها ( ٤٦١٦٣,٦ شرقاً ، ٣٥٤١١,٨ شمالاً ) عين الاحداثيات المصححة لنقط المضلع .**

**جدول رقم (١٣)**

| الضلع | الانحراف | الانحراف الأمامي | الانحراف الخلفي |
|---|---|---|---|
| أ ب | ٢٨١,٦ | ٤٥ ١٠٩° | ٤٥ ٢٨٩° |
| ب جـ | ٢٧٣,٢ | ٤٢ ١٤٦ | ٤٢ ٣٢٦ |
| جـ د | ١٤٦,٤ | ٢٧ ١٥٠ | ٢٧ ٣٣٠ |

**طريقة الإجابة :**

هذا المضلع يعتبر من النوع المفتوح الذي يربط على نقط ثابتة ، ولتصحيحه نعتبره مضلع مقفل ذو أرصاد ناقصة خاصة بالضلع د أ وبذلك يمكن حساب مركبات هذا الضلع ، ولكن المركبات الحقيقية لهذا الضلع يمكن الحصول عليها من واقع إحداثيات نقطتي الربط (أ ، د ) وعلى ذلك تكون المركبة الأفقية لخطأ القفل فيه مساوية للفرق بين المركبة المحسوبة من الأرصاد الناقصة والمركبة الحقيقية المحسوبة من إحداثيات النقطتين ، وبالمثل للمركبة الرأسية لخطأ القفل ، وفي الجدول ( رقم ١٤ ) مبين تفاصيل حساب المركبات للضلع المجهول د أ أما المركبات الحقيقية د أ فهي تساوي :

المركبة الأفقية للخط د أ = ٤٦١٦٣,٦ – ٤٥٦٧٣,٩ = + ٤٨٩,٧ مترا

المركبة الرأسية للخط د أ = ٣٥٤١١,٨ – ٣٥٨٦٥,٤ = –٤٥٣,٦ مترا

∴ مركبات خطأ القفل هي

المركبة الأفقية = +٤٨٩,٧ –(٤٨٧,٢٣٠٢) =+٢,٤٦٩٨ .

المركبة الرأسية = – ٤٥٣,٦ – (–٤٥٠,٨٥٧) = – ٢,٧٤٣ .

∴ خطأ القفل = $\sqrt{(٢,٤٦٩٨)^٢ + (-٢,٧٤٣)^٢}$ = ٣,٦٩١١

نسبة خطأ القفل = $\frac{٣,٦٩١١}{٧٠١,٢}$ = $\frac{١}{١٨٩,٩}$

وبفرض أن الخطأ مسموحا به ، لذلك يوزع الخطأ على المركبات بطريقة بودتش ، ويكون التصحيح للمركبات كما يلي :

تصحيح المركبة الرأسية للضلع أ ب = $\frac{٢٨١,٦ \times (+٢,٤٦٩٨)}{٧٠١,٢}$ = + ٠,٩٩٢

تصحيح المركبة الأفقية للضلع ب جـ = $\frac{٢٧٣,٢ \times (+٢,٤٦٩٨)}{٧٠١,٢}$ = + ٠,٩٦٢

## جدول رقم (١٤)

| الضلع | الطول | الانحراف الأمامي | الانحراف المختصر | المركبات غير المصححة (مترا) | | المركبات المصححة (مترا) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | الرأسية | الأفقية | الرأسية | الأفقية |
| أ ب | ٢٨١,٦ | ١٠٩° ٤٥َ | جـ ق ٧٠° ١٥َ | - ٩٥,١٥٧٣ | + ٢٦٥,٠٣٥٢ | - ٩٦,٢٥٩٣ | + ٢٦٦,٠٢٧٢ |
| ب جـ | ٢٧٣,٢ | ١٤٦ ٤٢ | ش ق ٣٣ ١٨ | - ٢٢٨,٣٤٢٦ | + ١٤٩,٩٩٣٠ | - ٢٢٩,٤١١٦ | + ١٥٠,٩٥٥ |
| جـ د | ١٤٦,٤ | ١٥٠ ٢٧ | ش ق ٢٩ ٣٣ | -١٢٧,٣٥٧١ | + ٧٢,٢٠٢٠ | - ١٢٧,٩٣٠١ | + ٧٢,٧١٨ |
| | ٧٠١,٢ | | | - ٤٥٠,٨٥٧ | + ٤٨٧,٢٣٠٢ | - ٤٥٣,٦٠١ | + ٤٨٩,٧٠ |

تصحيح المركبة الأفقية للضلع جـ د = [١٤٦,٤ × (+ ٢,٤٦٩٨)] ÷ ٧٠١,٢ = + ٠,٥١٦

تصحيح المركبة الرأسية للضلع أ ب = [٢٨١,٦ × (– ٢,٧٤٣)] ÷ ٧٠١,٢ = – ١,١٠٢

تصحيح المركبة الرأسية للضلع ب جـ = [٢٧٣,٢ × (– ٢,٧٤٣)] ÷ ٧٠١,٢ = – ١,٠٦٩

تصحيح المركبة الرأسية للضلع ب جـ = [١٤٦,٤ × (– ٢,٧٤٣)] ÷ ٧٠١,٢ = – ٠,٥٧٣

وبذلك نحصل على قيم التصحيحات لمركبات الأضلاع المقاسة ومن ثم يمكننا حساب إحداثيات نقط المضلع الصحيحة ويوضحها الجدول التالي رقم (١٥) :

**جدول رقم (١٥)**

| النقطة والضلع | الإحداثيات الأفقية | الإحداثيات الرأسية |
|---|---|---|
| أ | + ٤٥٦٧٣,٩ | + ٣٥٨٦٥,٤ |
| أ ب | + ٢٦٦,٠٢٧٢ | – ٩٦,٢٥٩٣ |
| ب | + ٤٥٩٣٩,٩٢٧ | + ٣٥٧٦٩,١٤١ |
| ب جـ | + ١٥٠,٩٥٥ | – ٢٢٩,٤١١٦ |
| جـ | + ٤٦٠٩٠,٨٨٢ | + ٣٥٥٣٩,٧٢٩ |
| جـ د | + ٧٢,٧١٨ | – ١٢٧,٩٣٠١ |
| د ( للتحقيق) | + ٤٦١٦٣,٦ | + ٣٥٤١١,٨٠٠ |

# تمارين محلوله على البوصلة المنشورية

## ١- الشمال الحقيقي والمغناطيسي :

يرمز لكل من الشمال الحقيقي (الشمال الجغرافي) والشمال المغناطيسي برموز معينة كما هو مبين في الشكل رقم (٩٤) ، حتى يمكن التعرف عليهما بسهولة والتمييز بينهما .

وتكون الزاوية المحصورة بينهما هي زاوية الاختلاف المغناطيسي ويتغير مكانها باستمرار ، ففي بعض الأحيان تقع إلى الشرق من الشمال الحقيقي عند ما يكون الشمال المغناطيسي إلى الشرق من الشمال الحقيقي وفي بعض الأحيان تقع إلى الغرب من الشمال الحقيقي عندما يكون الشمال المغناطيسي إلى الغرب من الشمال الحقيقي .

### ( أ ) تحويل الانحرافات المغناطيسية إلى انحرافات حقيقية

**مثال (٣٤) : حول الانحرافات المغناطيسية الآتية على انحرافات حقيقية باعتبار أن زاوية الاختلاف المغناطيسي هي ٤° غربا ، ثم باعتبارها ٦° شرقا ، ٤٠° ، ١٨٠° ، ٣٥٠° ، ٣٦٠° .**

**طريقة الإجابة :**

أولا : في حالة زاوية الاختلاف المغناطيسي ٤° غربا

نختار نقطة مناسبة ثم نرسم منها الشمال الحقيقي بعلامته مميزة ، ثم نقيس بالمنقلة مراعين أن يكون صفرها منطبقا على اتجاه الشمال زاوية قدرها ٤°في اتجاه الغرب وبذلك نكون قد حددنا اتجاه الشمال المغناطيسي ونقوم برسمه بعلامته المميزة ( شكل رقم ٩٥ ) .

ونجد أن الانحراف الحقيقي = الانحراف المغناطيسي – زاوية الاختلاف المغناطيسي غربا .

∴ الانحراف الحقيقي = ٤٠° – ٤° = ٣٦ °

وعلى هذا الأساس تكون الانحرافات الحقيقية لباقي الأضلاع كالتالي .

١٨٠° – ٤° =١٧٦ °   ٣٥٠ ° – ٤° = ٣٤٦°   ٣٦٠° – ٤° = ٣٥٦°

ثانيا : في حالة زاوية الاختلاف المغناطيسي ٦° شرقا :

نتبع نفس الخطوات السابقة إلا أن اتجاه الشمال المغناطيسي سوف يقع إلى الشرق من الشمال المغناطيسي وتفصل بينهما زاوية مقدارها ٦° في اتجاه الشرق .

ويكون الانحراف الحقيقي=الانحراف المغناطيسي+زاوية الاختلاف المغناطيسي شرقا

وعلى هذا الأساس تكون الانحرافات الحقيقية الأخرى كالتالي .

الانحراف الحقيقي = ٤٠°+ ٦° = ٤٦°          ١٨٠° + ٦° = ١٨٦°

٣٥٠° + ٦° = ٣٥٦°          ٣٦٠° + ٦° = ٣٦٦°

٣٦٦°- ٣٦٠° (الدائرة الكاملة) = ٦°

## (ب) *التحويل من انحرافات حقيقية إلى انحرافات مغناطيسية*

**مثال (٣٥) : حول الانحرافات الحقيقية الآتية إلى انحرافات مغناطيسية باعتبار أن زاوية الاختلاف المغناطيسي ١٠° غربا ، ثم باعتبارها ٦° شرقا :**

**٨٠° ، ٢٥٠° ، ٣١٧° ، ٣٦٠°**

**طريقة الإجابـــة :**

نرسم اتجاه الشمال الحقيقي أولا ، ثم نقيس منه زاوية الاختلاف المغناطيسي قدرها ١٠° غربا عكس اتجاه عقرب الساعة ، إذ أن اتجاه الشمال المغناطيسي غرب الشمال الحقيقي ( شكل رقم ٩٦ ) .

ثم نقيس انحرافا قدره ٨٠° مبتدئين من الشمال الحقيقي فنعين بذلك الانحراف الحقيقي ، وعلى هذا يكون .

الانحراف المغناطيسي = الانحراف الحقيقي+زاوية الاختلاف المغناطيسي غربا ويكون الانحراف المغناطيسي للاتجاهات كما يلي :

٨٠ + ١٠ = ٩٠°          ٢٥٠ + ١٠ = ٢٦٠°          ٣١٧ + ١٠ =٣٢٧°

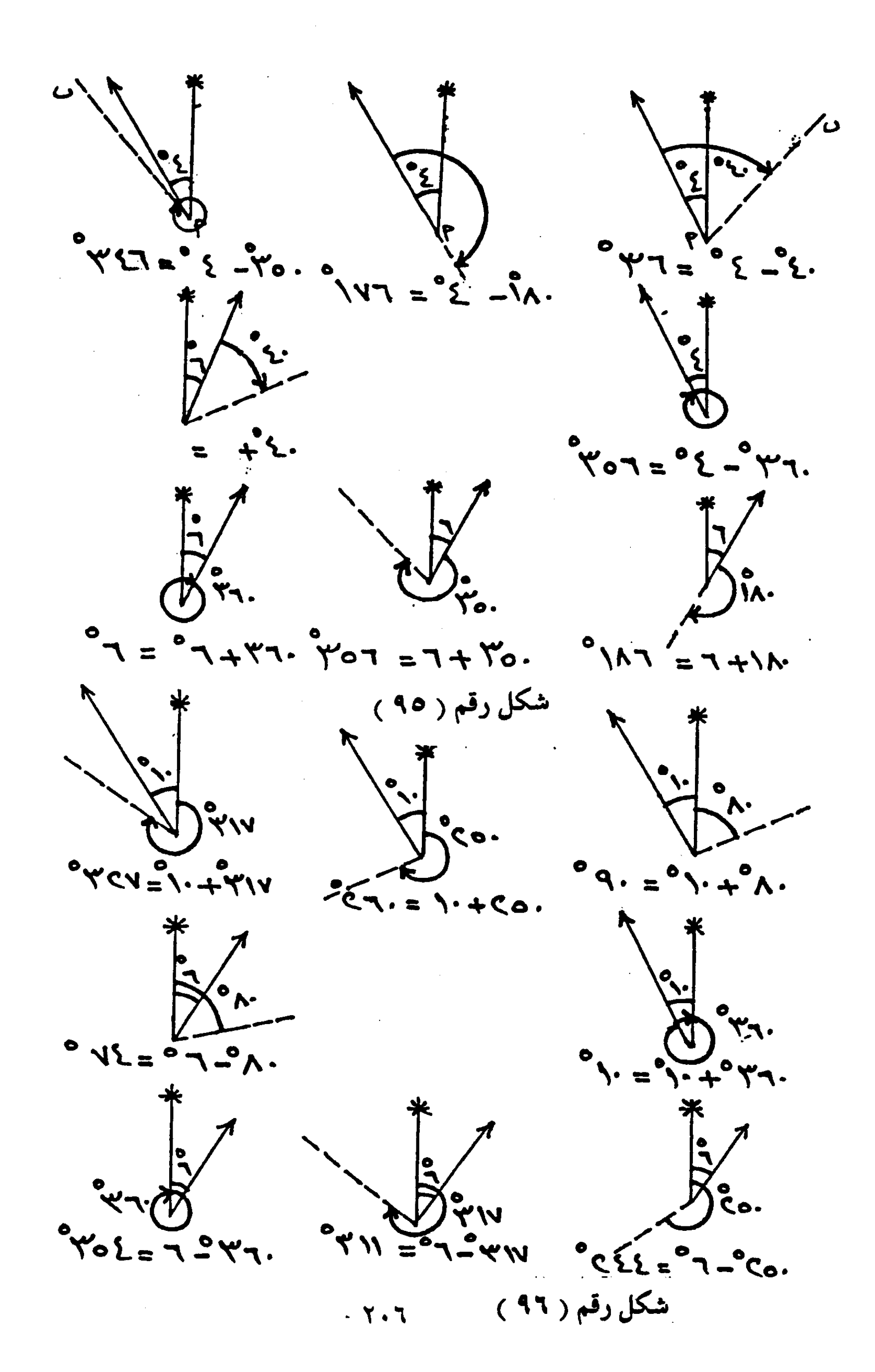
٣٦٠ + ١٠ =٣٧٠- ٣٦٠ (الدائرة الكاملة) = ١٠°

وبالنسبة لاعتبار زاوية الاختلاف المغناطيسي ٦° شرقا ، يراعى أن يرسم اتجاه الشمال الحقيقي وأن يكون اتجاه الشمال الحقيقي وفي اتجاه عقرب الساعة والزاوية بينهما ٦° ، ولحساب الانحراف المغناطيسي .

الانحراف المغناطيسي = الانحراف الحقيقي - زاوية الاختلاف المغناطيسي شرقا

٨٠ - ٦ = ٧٤°          ٢٥٠ - ٦ = ٢٤٤°

٣٦٠ - ٦ = ٣٥٤°          ٣١٧ - ٦ = ٣١١°




شكل رقم ( ٩٥ )



شكل رقم ( ٩٦ )

## جـ - حساب زاوية الاختلاف المغناطيسي :

**مثال (٣٦) : أب ، هـ و ، ع ل ، م ن عبارة عن أربعة خطوط الانحرافات الحقيقية لها على الترتيب هي ٢٨٠° ، ١٦٠° ، ٢٥° ، ٣٦٠° والانحرافات المغناطيسية لها بنفس الترتيب هي ٢٧٠° ، ١٧٠° ، ٢٩° ، ٣٥٢° ، فما مقدار زاوية الاختلاف المغناطيسي ونوعها في كل حالة .**

**طريقة الإجابة :**

نرسم خطا يمثل الضلع أ ب ، ثم نثبت مركز المنقلة على النقطة أ وصفرها على الضلع نفسه ، ثم نقيس زاوية قدرها ٢٨٠° ونرسم خطا من نقطة أ إلى النقطة التي تعين هذه الزاوية ، وبذلك نكون قد حددنا اتجاه الشمال الحقيقي بنفس الطريقة نرسم الانحراف المغناطيسي بزاوية مقدارها ٢٧٠° في اتجاه ضد عقرب الساعة وتكون الزاوية بين الانحرافان هي زاوية الاختلاف المغناطيسي (شكل ٩٧).

∴ زاوية الاختلاف المغناطيسي مقدارها ٢٨٠ – ٢٧٠ = ١٠° شرقا

( لأن اتجاه الشمال المغناطيسي إلى الشرق من الحقيقي فإن زاوية الاختلاف المغناطيسي تقع إلى الشرق) ونفس الطريقة تتبع للضلع هـ و ، حيث نرسم الضلع هـ و ثم نرسم زاوية مقدارها ١٦٠° في اتجاه ضد عقرب الساعة من الضلع فنحدد بذلك اتجاه الشمال الحقيقي ، ونرسم زاوية قدرها ١٧٠° في نفس الاتجاه فنحدد بذلك اتجاه الشمال المغناطيسي وتكون :

زاوية الاختلاف المغناطيسي = ١٧٠– ١٦٠ = ١٠° غربا

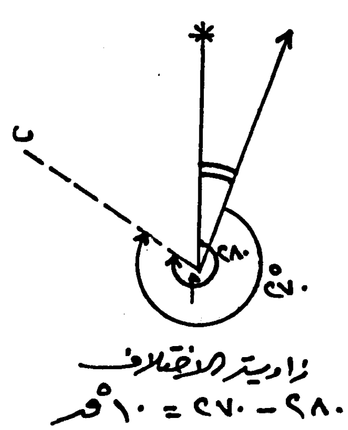
حيث نتبين من الرسم أن اتجاه الشمال المغناطيسي إلى يسار الشمال الحقيقي وبالنسبة للضلع ع ل نتبع نفس الطريقة .

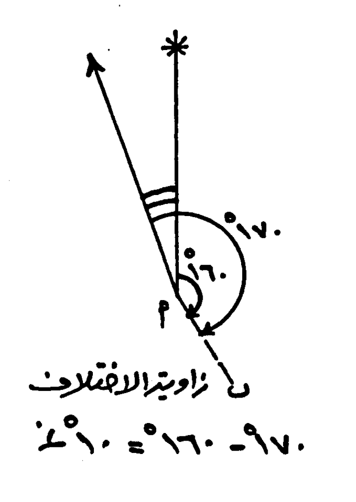
زاوية الاختلاف المغناطيسي = ٢٩ – ٢٥ = ٤° غربا

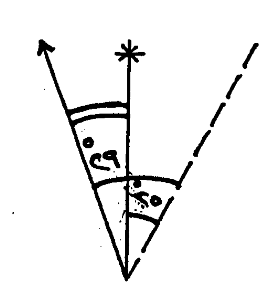
حيث نتبين من الرسم أن اتجاه الشمال المغناطيسي إلى يسار الشمال الحقيقي وبالنسبة للضلع م ن نتبع نفس الطريقة أيضا .

ويلاحظ أن اتجاه الشمال الحقيقي ينطبق على الضلع تماما وتكون زاوية الاختلاف المغناطيسي = ٣٦٠ – ٣٥٢ = ٨° شرقا

لأن اتجاه الشمال المغناطيسي يقع إلى الشرق من الشمال الحقيقي .




زاوية الاختلاف

٢٩° - ٢٥° = ٤° غ

٣٦٠°

٣٥٢°

زاوية الاختلاف

٣٦٠° - ٣٥٢° = ٨° ش

**شكل رقم ( ٩٧ )**

## ٢- تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية

### أ) تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية بطريقة خطأ القفل الزاوي

**مثال (٣٧) : أخذت الانحرافات الأمامية والخلفية لمضلع مقفل ، بين نوع الأخطاء الموجودة في هذا المضلع مع تعيين الانحرافات المصححة بطريقة خطأ القفل الزاوي .**

**جدول رقم (١٦)**

| الضلع | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | | الفرق | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | ٢٧ | ١٣٧° | ٤٥ | ٣١٧° | ١٨ | ١٨٠° |
| ب جـ | ٥٢ | ٢٠٥ | ١٨ | ٢٥ | ٣٤ | ١٨٠ |
| جـ د | ٣٠ | ٢٧٩ | ٠٠ | ١٠٠ | ٣٠ | ١٧٩ |
| د هـ | ٠٠ | ٣٤٤ | ١٨ | ١٦٥ | ٤٢ | ١٧٨ |
| هـ أ | ١٠ | ٨٣ | ١٠ | ٢٦٣ | ٠٠ | ١٨٠ |
| | ٥٩ | ١٠٤٩ | ٣١ | ٨٧١ | ٢٨ | ١٧٨ |

إذا ما نظرنا إلى الجدول السابق نلاحظ أن الفارق بين مجموع الانحرافات الأمامية والخلفية لا تساوي ١٨٠° ، إذن لابد من وجود أخطاء ناتجة عن التوجيه والقراءة .

ولأن بعض الفروق تزيد عن درجة كاملة لذلك لابد من استخدام طريقة خطأ القفل الزاوي للتصحيح

خطأ القفل الزاوي = مجموع الانحرافات الخلفية – مجموع الانحرافات الأمامية + ع × ٣٦٠° – [ ٩٠° (٢ن – ٤ ) ] .

خطأ القفل الزاوي = ٣١ ٨٧١° – ٥٩َ ١٠٤٩° + ٣ × ٣٦٠° – [ ٩٠° (٢×٥–٤) ] = ٣٢َ ٣٦١°

أي أن خطأ القفل الزاوي مقداره + ٣٢َ ١° حيث أن ٣٦٠° = صفر

∴ مقدار التصحيح لكل انحراف ت ٢ = (٣٢ ١°) / (٢ ن) = (٣٢ ١°) / (٢ × ٥) = ١٢َ ٩

وعلى ذلك بعض الانحرافات نعطي لها تصحيح مقداره (١٠) والباقي يعطي لها تصحيح مقداره (٩) .

عدد الاتجاهات ذات التصحيح الأكبر = ٩٢َ – ٢ن × قيمة التصحيح الأصغر

عدد الاتجاهات ذات التصحيح الأكبر = ٩٢َ – ٢ × ٥ × ٩َ = ٢َ

عدد الاتجاهات ذات التصحيح الأصغر = ٢ن – عدد الاتجاهات ذات التصحيح الأكبر .

عدد الاتجاهات ذات التصحيح الأصغر = ( ٢×٥ ) –٢ = ٨

وعلى ذلك يطرح من انحرافين خلفيين تصحيح قدره (١٠) ويطرح من الثلاثة الباقيين تصحيح قدره (٩) أما الانحرافات الأمامية لجميع الأضلاع فيجمع عليها تصحيح قدره (٩) ، وبالتالي تظهر الانحرافات الأمامية والخلفية بعد تصحيحها بطريقة خطأ القفل الزاوي كما هو مبين بالجدول التالي رقم (١٧) .

**(جدول رقم ١٧ ) الانحرافات المصححة بطريقة خطأ القفل الزاوي**

| الضلع | الانحراف الأمامي المصحح | الانحراف الخلفي المصحح | الفرق |
|---|---|---|---|
| أ ب | ٣٦ °١٣٧ | ٣٥ °٣١٧ | ٥٩ °١٧٩ |
| ب جـ | ١ ٢٠٦ | ٨ ٢٥ | ٥٣ ١٨٠ |
| جـ د | ٣٩ ٢٧٩ | ٥١ ٩٩ | ٤٨ ١٧٩ |
| د هـ | ٩ ٣٤٤ | ٩ ١٦٥ | ٠٠ ١٧٩ |
| هـ أ | ١٩ ٨٣ | ١ ٢٦٣ | ٤٢ ١٧٩ |
| | ٤٤ ١٠٥٠ | ٤٤ ٨٧٠ | ٠٠ ١٨٠ |

خطأ القفل الزاوي =٤٤ °٨٧٠ –٤٤ °١٠٥٠ + ٣ × ٣٦٠ –[٩٠(٢ن–٤)]

خطأ القفل الزاوي = °٣٦٠ = صفر

وبذلك يكون قد تلاشى خطأ القفل الزاوي الناتج عن التوجيه ثم نجرى بعد ذلك تصحيح للفروق بين الانحرافات الأمامية والخلفية بطريقة المتوسطات حتى تتلاشى الأخطاء الناتجة عن القراءة .

(ب) تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية بطريقة المتوسطات :

**مثال (٣٨) : الجدول الآتي عبارة عن الانحرافات الأمامية والخلفية لمضلع مقفل أ ب جـ أ ، والمطلوب بيان ما إذا كانت هناك أخطاء للتوجيه والقراءة والجاذبية المحلية ، وعند نقطة أ رصد انحراف محور شارع أ هـ فوجد أنه يتجه إلى الشمال تماما ، ما هي الانحرافات الصحيحة لأضلاع الترافيرس ، وكذلك الانحراف الصحيح لمحور هذا الشارع .**

**جدول رقم (١٨)**

| الضلع | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | | الفرق | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | ٤ | ١٤٠° | ٣٨ | ٣١٩° | ٣٤ | ١٧٩° |
| ب جـ | ٣٠ | ٢٧٢ | ٠٠ | ٩٣ | ٣٠ | ١٧٩ |
| جـ د | ٤٩ | ٣٢ | ١٥ | ٢١٣ | ٢٦ | ١٨٠ |
| | ٢٣ | ٤٤٥ | ٥٣ | ٦٢٥ | ٣٠ | ١٨٠ |

يبدو من الجدول أن هناك أخطاء للتوجيه والقراءة حيث يزيد الفارق بين مجموع الانحرافات الأمامية ومجموع الانحرافات الخلفية عن ١٨٠° .

ولأن الفارق يزيد أو يقل عن ١٨٠° بمقدار يقل عن ١° ، إذا لابد من وجود أخطاء للقراءة وليس للتوجيه ، لذلك فإن طريقة التصحيح اللازمة لتعديل الانحرافات الأمامية والخلفية هي طريقة المتوسطات ويكون .

الانحراف الأمامي المصحح لـ أب = $\frac{١}{٢}$ (٣٨َ ٣١٩°– ١٨٠°

+ ٤َ ١٤٠°) = ٥١َ ١٣٩°

∴ الانحراف الخلفي المصحح للضلع أب = ٥١َ ١٣٩°+ ١٨٠°

= ٥١َ ٣١٩°

الانحراف الأمامي المصحح للضلع ب جـ = $\frac{١}{٢}$ (٩٣° + ١٨٠°

+ ٣٠ ٢٧٢°) = ٤٥َ ٢٧٢°

∴ الانحراف الخلفي المصحح للضلع ب جـ = ٤٥َ ٢٧٢°– ١٨٠°

= ٤٥َ ٩٢°

الانحراف الأمامي المصحح للضلع جـ أ = $\frac{١}{٢}$ (١٥َ ٢١٣°–١٨٠°)

+ ٤٩َ ٣٢° ) = ٢َ ٣٣° .

∴ الانحراف الخلفي المصحح للضلع جـ أ = ٢َ ٣٣° + ١٨٠°

= ٢َ ٢١٣°

جدول رقم ( ١٩ )

| الضلع | الانحراف الأمامي المصحح | الانحراف الخلفي المصحح | الفرق |
|---|---|---|---|
| أ ب | ٥١ ١٣٩° | ٥١ ٣١٩° | ٠٠ ١٨٠° |
| ب جـ | ٤٥ ٢٧٢ | ٤٥ ٩٢ | ٠٠ ١٨٠ |
| جـ أ | ٢ ٣٣ | ٢ ٢١٣ | ٠٠ ١٨٠ |
| | ٣٨ ٤٤٥ | ٣٨ ٦٢٥ | ٠٠ ١٨٠ |

وبذلك تلاشت الأخطاء الناتجة عن القراءة وكذلك الأخطاء الناتجة عن الجاذبية المحلية إن وجدت .

وبما أن انحراف محور الشارع أ هـ كان في اتجاه الشمال تماما والذي حسب منه انحراف الضلع أب لذلك فإن الزاوية بين محور الشارع والضلع أب تساوي ٤ ١٤٠° ، ولأنه بعد التصحيح للانحرافات الأمامية والخلفية أصبح الانحراف الأمامي للضلع أب مساويا ٥١َ ١٣٩° لذا يمكن حساب الانحراف الصحيح لمحور الشارع من الشكل الآتي :

∴ انحراف محور الشارع =٣٦٠°- (٤ ١٤١°- ٥١َ ١٣١°)

= ٤٧َ ٣٥٠°

*(د) حساب الانحرافات الدائرية عن طريق أحد الانحرافات والزوايا الداخلية .*

**مثال (٣٩) : أ ب جـ د هـ أ مضلع خماسي منتظم طول ضلعه ١٠٠ متر ، وجميع زواياه متساوية ، وفي اتجاه عقرب الساعة ، فإذا كان الانحراف الأمامي للضلع أ ب = ١٥٣° ، أوجد الانحرافات الأمامية لباقي الأضلاع .**

**طريقة الإجابة :**

**(١) بما أن المضلع منتظم إذن جميع زواياه متساوية .**

**ومجموعها يساوي ٩٠ ( ٢ن – ٤ ) = ٩٠ ( ٢ × ٥–٤ ) = ٥٤٠°**

∴ مقدار كل زاوية داخلية من زوايا المضلع تساوي ٥٤٠° / ن

حيث ن هي عدد الزوايا

∴ مقدار كل زاوية من زوايا المضلع الخماسي المنتظم تساوي ( ٥٤٠ / ٥ ) أي ١٠٨°

**(٢) ولإيجاد الانحرافات الأمامية للأضلاع نطبق القاعدة الآتية :**

**( I ) إذا كان المضلع في اتجاه عقرب الساعة يكون :**

**انحراف الضلع = انحراف الضلع السابق ± ١٨٠° – الزاوية المحصورة بين الضلعين .**

( II ) إذا كان المضلع في اتجاه ضد عقرب الساعة يكون :

**انحراف الضلع = انحراف الضلع السابق ± ١٨٠° + الزاوية المحصورة بين الضلعين .**

وفي الحالتين تكون ١٨٠° موجبة إذا كان انحـراف الضـلع السـابق أقل من ١٨٠°

وتكون ١٨٠° سالبة إذا كان انحراف الضلع السابق أكبر من ١٨٠°

وفي هذا المثال نجد أن أضلاع الخماسي المنتظم فـي اتجـاه عقـرب الساعة وعلى هذا :

انحراف أ ب = ١٥٣°

انحراف ب جـ = ١٥٣° + ١٨٠° – ١٠٨° = ٢٢٥°

انحراف جـ د = ٢٢٥° – ١٨٠° – ١٠٨° = – ٦٣° + ٣٦٠° = ٢٩٧°

انحراف د هـ = ٢٩٧° – ١٨٠° – ١٠٨° = ٩°

انحراف هـ أ = ٩° + ١٨٠° – ١٠٨° = ٨١°

انحراف أ ب = ٨١° + ١٨٠° – ١٠٨° = ١٥٣°

ويلاحظ أنه إذا ظهر الناتج بإشارة سالبة ، فإنه يجب إضـافة دائـرة كاملة اليه أي يطرح من ٣٦٠° .

**مثال (٤٠) : أ ب جـ د هـ ترافيرس مقفل في اتجاه ضد عقرب السـاعة وكانت زواياه بالترتيب كالآتي : أ = ٤٢ ٩٩° ، ب = ٣٨ ١١٧° جـ = ١٦ ١٧٢° ، د = ٢٠ ٨٥° ، هـ = ٠٤ ٦٤°**

**فإذا كان انحراف الضلع جـ د الأمـامي ٣٢ ٨٩° ، فمـا هـي الانحرافات الأمامية الدائرية لباقي أضلاع المضلع .**

**طريقة الإجابة :**

(أ) نبحث أولا عما إذا كان هناك خطأ في قيمة الزوايا المـذكورة بالمثـال ، وذلك بتطبيق القانون .

مجموع الزوايا الداخلية لأي شكل = ٩٠ ( ٢ ن – ٤ )

ولأن الشكل ذو خمس زوايا ∴ مجموع زواياه = ٥٤٠°

وبجمع الزوايا :

٤٢ ٩٩° + ٣٨َ ١١٧° + ١٦َ ١٧٣° + ٢٠ ٨٥° + ٤ ٦٤° = ٥٤٠°

∴ليس هناك خطأ في زوايا الترافيرس ، وبذلك يمكننا حساب الانحرافات كالآتي :

انحراف الضلع جـ د = ٣٢َ ٨٩°

انحراف الضلع د هـ = ٣٢َ ٨٩° + ١٨٠ + ٢٠َ ٨٥° = ٥٢َ ٣٥٤°

انحراف الضلع هـ أ = ٥٢ ٣٥٤° – ١٨٠ + ٤ ٦٤ = ٥٦َ ٢٣٨°

انحراف الضلع أ ب = ٥٦ ٢٣٨° – ١٨٠+ ٤٢ ٩٩ = ٣٨َ ١٥٨°

انحراف الضلع ب جـ = ٣٨ ١٥٨° + ١٨٠° + ٣٨ ١١٧° =

٤٥٦° – ٣٦٠° = ١٦َ ٩٦°

انحراف الضلع جـ د = ١٦ ٩٦° + ١٨٠° + ١٦ ١٧٣° =

٣٢ ٤٤٩° – ٣٦٠° = ٣٢َ ٨٩°

يلاحظ أنه إذا زاد الناتج عن ٣٦٠° فإننا نقوم بطرح هذا المقدار من الناتج حيث لا يزيد الانحراف الدائري عن ٣٦٠° أي دائرة كاملة .

**مثال (٤١) : الجدول الآتي رقم (٢٠) يوضح أطوال أضلاع ترافيرس في اتجاه ضد عقرب الساعة وزواياه الداخلية أخذت ببوصلة منشورية دقتها ١٥َ فإذا علمت أن انحراف الضلع د هـ الأمامي هو ١٥ ٩٨° فأحسب الانحرافات الصحيحة لباقي أضلاع الترافيرس .**

**جدول رقم (٢٠)**

| الضلع | الطول | الانحراف | الزوايا الداخلية |
|---|---|---|---|
| أ ب | ٦٩١ | .. | ٤٥ ٢٠٦° |
| ب جـ | ٦١٦ | .. | ٣٠ ٦٤ |
| ج د | ٦٧٨ | .. | ٤٥ ١٠٧ |
| د هـ | ٩٧١ | ١٥ ٩٨° | ٠٠ ٩٧ |
| هـ أ | ٧٨٣ | .. | ٠٠ ٦٥ |

**طريقة الإجابة :**

نأتي أولاً بمجموع الزوايا الداخلية لهذا المضلع = ٤٥َ ٢٠٦° + ٣٠َ ٦٤° +٤٥ ١٠٧° + ٠٠َ ٩٧° + ٠٠َ ٦٥° = ٠٠َ ٥٤١°

مجموع الزوايا الداخلية لأي مضلع = °٩٠ ( ٢ن – ٤ )

∴ مجموع الزوايا الداخلية لهذا المضلع = °٩٠ (٢×٥-٤) = °٥٤٠

∴ هناك خطأ قفل زاوي مقداره = ٠٠ ١ °٥٤١ – °٥٤٠ = ٠٠َ °١

بعد ذلك نقوم بتصحيح الزوايا ويتم ذلك بتوزيع هـذا الخطـأ علـى زوايـا المضلع بالتساوي بشرط أن يكون الخطأ مسموحا به .

الخطأ المسموح به في البوصلة = ضعف أقل قسم في البوصلة √ ٢ن

حيث ن عدد نقط المضلع

ولأن البوصلة المستخدمة دقتها ١٥َ ∴ الخطأ المسموح به منها

= ٢×١٥َ √ ٥ × ٢ = ٥٢ً ٣٤َ °١

ولأن الخطأ في تقدير الزوايا أقل من الخطأ المسموح به لذلك فـإن مقـدار الخطأ في التقدير يمكن توزيعه بالتساوي على جميع الزوايا بإشارة مخالفة .

وفي مثالنا يوزع الخطأ ٠٠َ °١ على خمس زوايا فيكـون تصـحيح كـل زاوية = -١٢َ فتصبح الزوايا المصححة كالتالي :-

**جدول رقم ( ٢١ )**

| أ | ٣٣ | °٢٠٦ | د | ٤٨ | ٩٦ |
|---|---|---|---|---|---|
| ب | ١٨ | ٦٤ | هـ | ٤٨ | ٦٤ |
| جـ | ٣٣ | ١٠٧ | | ٠٠ | °٥٤٠ |

ثم نبدأ بعد ذلك في حساب الانحرافات الدائرية مع اتجاه ضـد عقـرب الساعة بعد تصحيح الزوايا الداخلية .

انحراف د هـ = = ١٥َ °٩٨

انحراف هـ أ = ١٥َ °٩٨ + °١٨٠ + ٤٨َ °٦٤ = ٣َ °٣٤٣

انحراف أب = ٣َ °٣٤٣ – °١٨٠ + ٣٣َ °٢٠٦ = ٣٦َ °٩

انحراف ب جـ = ٣٦َ °٩ + °١٨٠ + ١٨َ °٦٤ = ٥٤َ °٢٥٣

انحراف جـ د = ٥٤َ °٢٥٣ – °١٨٠ + ٣٣َ °١٠٧ = ٢٧َ °١٨١

انحراف د هـ = ٢٧َ °١٨١ – °١٨٠ + ٤٨َ °٩٦ = ١٥َ °٩٨

وكتحقيق حسابي فإن انحراف د هـ المحسوب هو الانحراف المعلوم .

**الترافيرس بالبوصلة :**

**مثال (٤٢) صحيفة دفتر الغيط الآتية ( شكل ٩٨) أخذت أثناء رفع طريق بالبوصلة المنشورية وبعض الظاهرات الموجودة على جانبيه ، والمطلوب رسم هذا الطريق والظاهرات بمقياس ١ : ٢٠٠٠ علما بأن عرض الطريق (١٠) أمتار وأن القياس كان يتم على الجانب الأيسر له مع رسم مقياس خطي .**

**طريقة الإجابة :**

نبدأ أولا برسم كروكي للترافيرس ، وهو عبارة عن ترافيرس مفتوح حيث بدأ بنقطة وانتهى بنقطة أخرى .

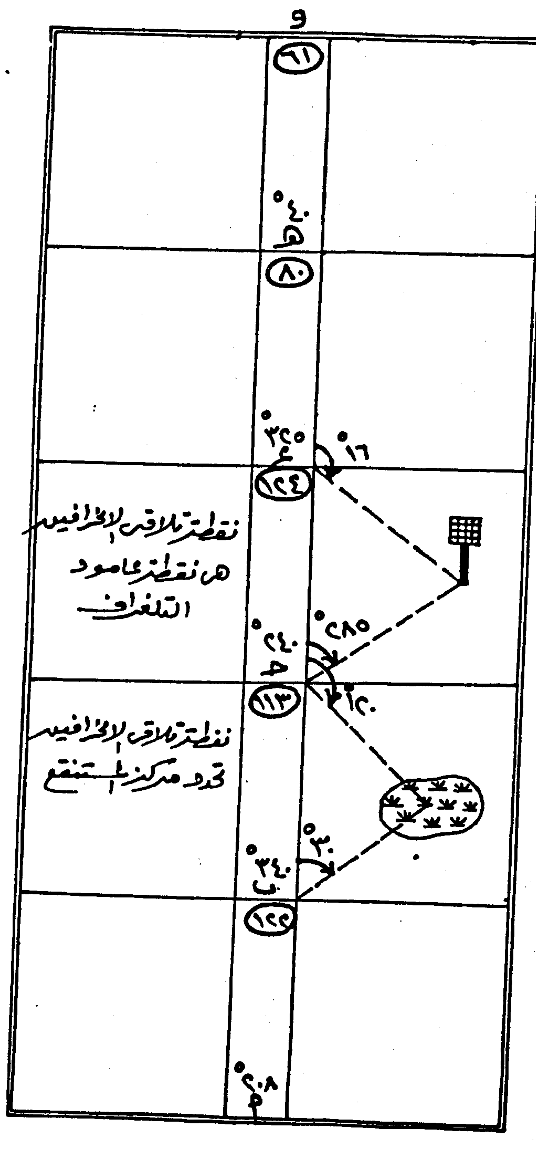
وتبعا للكروكي نختار مكانا مناسبا لنقطة أ على لوحة الرسم ، ثم نوقع اتجاه الشمال المغناطيسي لهذه النقطة ، نقيس بالمنقلة زاوية مقدارها ٢٠٨° مرتكزين بمركز المنقلة فوق النقطة أ ، ويراعى أن يكون صفر المنقلة منطبقا على اتجاه الشمال المغناطيسي وأن يكون قياس الانحراف في اتجاه عقرب الساعة ، ثم نصل بين نقطة أ والنقطة التي تحددها الزاوية ٢٠٨° ، ونمد الخط بطول ١٢٢ مترا طبقا لمقياس الرسم المستخدم ، فتكون نهاية هذا الخط هي النقطة ب ( شكل ١٩ ) .

من نقطة ب نقيم اتجاه الشمال المغناطيسي موازيا للاتجاه الأول السابق رسمه من نقطة أ ، وبنفس الخطوات السابقة نقيس زاوية قدرها ٣٤٠° فنكون قد عينا انحراف ب جـ ونقيس على هذا الانحراف بعدا قدره ١٣٣ مترا فتكون نهايته هي نقطة جـ .

ونفس هذه الخطوات نتبعها في نقطة جـ ثم نقطة د ، مستخدمين الأرصاد المذكورة بدفتر الغيط وبذلك نعين الهيكل الأساس للترافيرس المفتوح .

ولرسم الظاهرات الموجودة على جانبي هذا الترافيرس نتبع الآتي :

**١- نرسم بعدا قدره عشرة أمتار عموديا على الجانب الأيمن لكل خط من خطوط المضلع ونصله على طول المضلع فنحدد بذلك عرض الطريق وجانبية .**



شكل رقم ( ٩٨ )

٢- من نقطة ب نقيس انحرافا قدره ٣٠° من اتجـاه الشـمال المغناطيسـي بالنسبة لهذه النقطة ثم نمد خطأ فيكون في اتجاه مركز المستنقع ، ومن نقطـة جـ نقـيس انحرافـا قـدره ١٢٠° مـن اتجـاه الشـمال المغناطيسـي بالنسبة نقطة جـ نرسم خطأ ليكون في اتجاه مركز المستنقع ، والنقطة التـي يتقاطع فيها هذان الانحرافان تحدد مركز المسـتنقع فنقـوم بتوقيـع أبعادهـا المذكورة في دفتر الغيط .

٣- من نقطة جـ نقيس انحرافا قدره ٢٨٥° من اتجاه الشمال المغناطيسـي بالنسبة لهذه النقطة فينتج شعاعا متجها إلى عامود التلغراف ، ومن نقطـة د نقيس انحرافا قدره ١٦° من اتجاه الشمال المغناطيسي عنـد هـذه النقطـة ، وتكون نقطة تلاقي هذين الشعاعين نقطة عامود التلغراف .

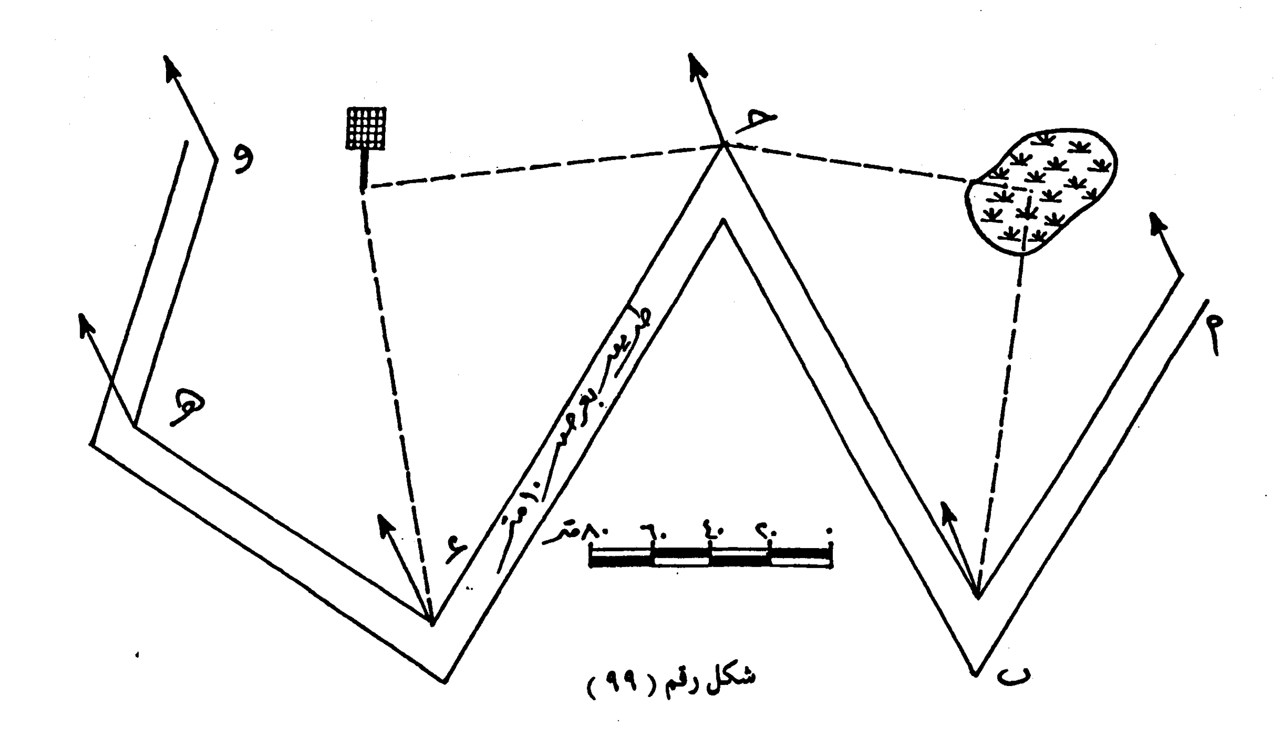
**مثال (٤٣) : الجدول الآتي عبارة عن ترافيرس مقفل تم رفعه بالبوصـلة المنشورية بطريقة التقاطع الأمامي من طرفي خط القاعدة س ص وطولـه ٦٠ مترا ، والمطلوب رسم هذا المضلع مع إيجاد مساحته بالأمتار المربعة بمقياس رسم ١ : ١٥٠٠ .**

**جدول رقم (٢٢)**

| إلى / من | س | ص | أ | ب | جـ | د | هـ | و |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| س | - | ٢٩٠ | ٢٠ | ١٤٠ | ٢١٥ | ٢٥٠ | ٣٠٠ | ٣٢٠ |
| ص | ١١٠ | - | ٦٠ | ١٣٠ | ١٧٠ | ٢٢٠ | ٣١٠ | ٣٤٠ |

**طريقة الإجابة**

١- في مكان مناسب من لوحة الرسم نوقع نقطة س ، ثم نرسم منها اتجـاه الشمال المغناطيسي ، ثم نقيس من اتجاه الشمال المغناطيسي زاوية مقـدارها ٢٩٠° وهي انحراف خط القاعدة س ص ، ونمد هـذا الخـط بطـول متـر ( ٦٠ / ١٥ ) = ٤ سم فتكون نهايته هي ص ، نرسم من نقطـة ص اتجـاه الشمال المغناطيسي موازيا للاتجاه السابق رسمه من نقطة س ، ثـم نقـيس انحرافا قدره ١١٠° من هذا الاتجاه فنجده ينطبق على خط القاعـدة ، إذ أن هذا الانحراف هو الانحراف الخلفي للخط س ص ( شكل رقم ١٠٠ ) .




شكل رقم ( ٩٩ )

٢- نثبت مركز المنقلة علـــى نقطـــة س وصـــفرها علـــى اتجـــاه الشـــمال المغناطيسي ثم نقيس الانحرافات .

٢٠° في اتجاه نقطة أ ، ١٤٠° في اتجاه نقطة ب ، ٢١٥° في اتجاه جــــ ، ٢٥٠° في اتجاه نقطة د ، ٣٠٠° في اتجاه نقطة هـــ ، ٣٢٠ في اتجاه نقطـــة وعلى التوالي ، مع مراعاة أن يتم القياس من الشمال المغناطيسي وأن يكـــون في اتجاه عقرب الساعة .

٣- ننتقل إلى نقطة ص ونجعل صفر المنقلة في اتجاه الشمال المغناطيسي ، ثم نقيس الانحرافات ٦٠° في اتجاه نقطة أ ، ١٣٠° في اتجاه ب ، ١٧٠° في اتجاه جـــ ، ٢٢٠ في اتجاه د ، ٣١٠° في اتجاه هـــ ، ٣٤٠° في اتجاه و .

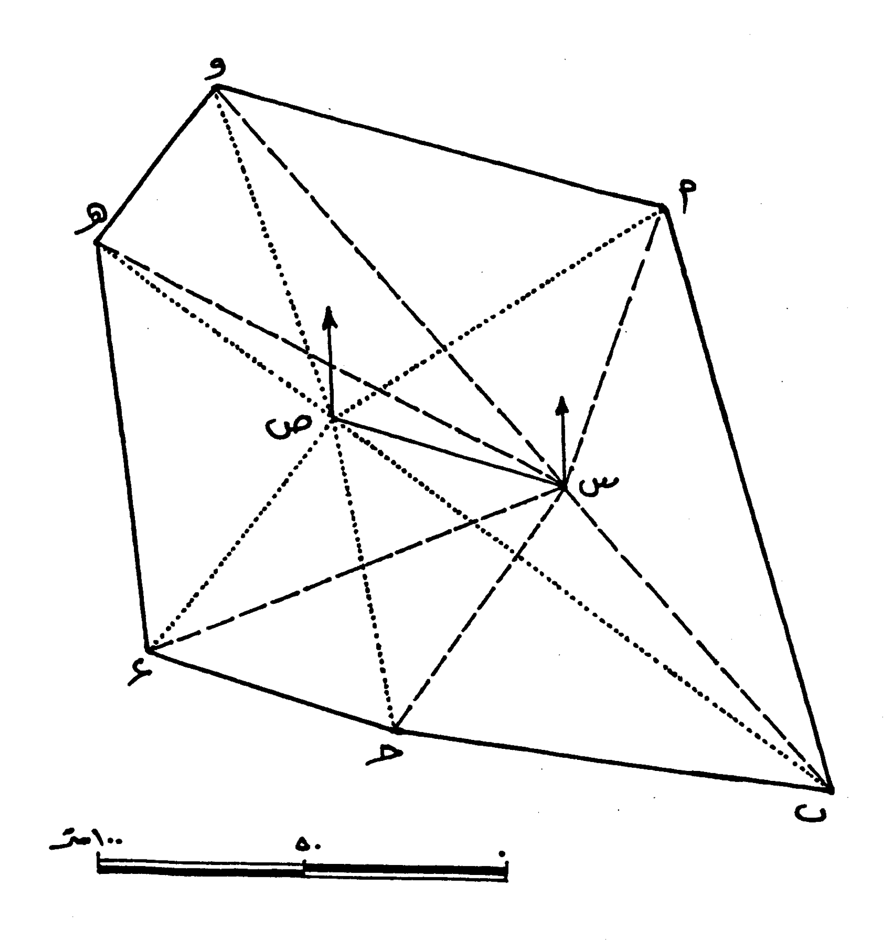
نقط التقاء الأشعة المرسومة من س ، ص هي نقط رؤوس المضلع نصل بين هذه النقط فيتم بذلك رسم الترافيرس كما في الشكل السابق .

٤- بعد ذلك نقوم بتقسيم الشكل الناتج إلى مثلثات ثم نقـــوم بقيـــاس أطـــوال أضلاع كل مثلث وعن طريق القانون

$$\text{حـ} = \frac{\text{أ} + \text{بَ} + \text{جـ}}{2}$$

$$\Delta \; (\text{مساحة المثلث}) = \sqrt{\text{ح (ح− أ) (ح −ت) (ح−حـَ)}}$$

ونجمع مساحات المثلثات جميعهـــا لنحصـــل علـــى مســـاحة الشـــكل بالسنتيمترات المربعة مساحة الشكل على الطبيعة = مســـاحة الشـــكل علـــى الخريطة × (قيمة مقياس الرسم)$^{2}$ .




**شكل رقم ( ١٠٠ )**

# تماريــن على البوصلة

١- حول الانحرافات الحقيقية الآتية إلى انحرافات مغناطيسية باعتبــار أن زاوية الاختلاف المغناطيسي ١٥° شرقا ، ثم باعتبارها ٦° غربا .
١٢٣° ، ٧٦° ، ١٥° ، ٣٤٧° ،٣٦٠° ، ٢٨٨° ، ١٤° ، ٧° ، ٩°

٢- حول الانحرافات المغناطيسية الآتية إلى انحرافات حقيقية باعتبــار أن زاوية الاختلاف المغناطيسي ١٢° شرقا ، ٩° غربا .
٣٦٠° ، ٢٥٣° ، ١٦٧° ، ١٧٦° ، ٩° ، ٣٥٢°
، ١٨° ، ٣٥٤° ، ٢٧٨° ، ١٣° .

٣- الانحرافات الحقيقية لعدة أماكن على الترتيب هي ٢٨١° ،١٥٧°، ٤٧° ، ٣٤٧° ، ٦° ، ٢٧١° ، ٣١٤° - والانحرافات المغناطيسية لها بنفس الترتيــب هــي : ٢٧٢° ، ١٦٢° ، ٥٩° ، ٣٤٠° ، ٣٥٦° ، ٢٦٤° ، ٣٢٥° ، فما مقدار زاوية الاختلاف المغناطيسي ونوعها في كل حالة .

٤- الانحرافات الأمامية للنقط أ ، ب ، جـ ، د ، هـ ، ن ، ي من نقطة أ هي على الترتيب ٥٧َ ٢٤° ، ٣٠َ ٦٧° ، .. ١٤٥° ،١٨٠° ، ٥٠ ، ٢٦٢° ، ١٥ ٢٩٢° ، ١٦َ ٣٤٣° والمطلــوب حســاب انحرافاتهــا الخلفية.

٥- الأرصاد الآتية أخذت من نقطة ثبات م للبوصلة المنشورية التي تتوسط المضلع أ ب جـ د هـ ، والمطلوب رســم المضــلع بمقيــاس رســم ١ :١٠٠٠ وقياس زواياه الداخلية بالمنقلة وتحقيقها .

جدول رقم (٢٣)

| الخط | م أ | م ب | م جـ | م د | م هـ |
|---|---|---|---|---|---|
| الطول | ٩٣ | ١٠٤ | ٩٧ | ١١٤ | ١٠٠ |
| الانحراف | ٣٤٤° | ٦٣° | ١٣٣° | ١٩٥° | ٢٨٠° |

٦- الأرصاد الآتية أخذت في ترافيرس مقفل أ ب جـــ د هـــ بالبوصــلة المنشورية بطريقة اللف والدوران ، والمطلوب إيجاد طول خطأ القفــل ورسم المضلع مصححا بمقياس رسم ١ : ٧٥٠ .

**جدول رقم (٢٤)**

| الخط | أب | ب جـ | جـ د | د هـ | هـ أ |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| الطول | ٥١ | ٦١ | ٦٠ | ٥٠ | ٥٩ |
| الانحراف | °١٢٦ | °١٩٨ | °٢٨٩ | °٣٣٢ | °٦٨ |

٧- أ ب جـ د هـ و ن ي مضلع ثماني منتظم طول ضلعه ٩٠ مترا وجميع زواياه متساوية بالطبع وفي اتجاه عقرب الساعة ، فإذا كان الانحراف الأمامي للضلع أ ب = °١٥٠ ، أوجد الانحرافات الأمامية الدائرية لباقي الأضلاع .

٨- أ ب جـ د هـ و مضلع سداسي منتظم وفي اتجاه ضد عقرب الساعة ، فإذا كان طول الضلع د هـ ١٠٠ متر وانحرافه الأمامي °٣٠ ، أوجد الانحرافات المختصرة لباقي الأضلاع ثم رسم هذا المضلع بمقياس ١ : ١٠٠٠ .

٩- أ ب جـ د هـ و ترافيرس مقفل في اتجاه عقرب الساعة وكانت زواياه بالترتيب كالتالي أ = ٥٧َ °١٠٥ ، ب = ٣َ °١٠٥ ، جـ = ٣٨َ °١٣٠ ، د = ١٥َ °٤٧ ، هـ = ٥٧َ °٢٢٩ ، و = ١٠َ °١٠١ ، فإذا كان انحراف الضلع جـ ء الأمامي ٣٠َ °٨٩ ، فما هي الانحرافات الأمامية الدائرية لباقي أضلاع الترافيرس .

١٠- أ ب جـ د هـ و ترافيرس مقفل في اتجاه ضد عقرب الساعة وكانت زواياه بالترتيب كالتالي أ = ٣َ °٧٦ ، ب = ٥٧َ °٩٠ ، جـ = ٢٣َ °١٦٨ ، د = ٣٠َ °٨٣ ، هـ = ١٥َ °١٠٠ ، و = ٤٣َ °١٨٠ . فإذا كان انحراف الضلع هـ و الأمامي °٩٠ ، فما هي الانحرافات المختصرة لباقي أضلاع الترافيرس .

١١- الأرصاد الآتية أخذت لترافيرس مفتوح أ ب جـ د هـ ، والمطلوب رسم هذا الترافيرس على لوحة بمقياس رسم ١ :٥٠٠٠ ثم أوجد طول هـ أ وانحرافه المختصر .

**جدول رقم (٢٥)**

| الخط | أب | ب جـ | جـ د | د هـ |
|---|---|---|---|---|
| الطول | ٥٠٠ | ٣٠٠ | ٤٠٠ | ٨٠٠ |
| الانحراف | ٢٢٥° | ١٣٥° | ٢٣٥° | ١٤٥° |

١٢- أخذت الانحرافات الأمامية والخلفية للمضلع المقفل أ ب جـ د هـ فكانت كالتالي :

**جدول رقم (٢٦)**

| الضلع | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | |
|---|---|---|---|---|
| أب | ٠٠ | ٩٠° | ٧ | ٢٧٠° |
| ب جـ | ١٣ | ١٢٣ | ٩ | ٣٠٣ |
| جـ د | ٣٠ | ٢٠٢ | ٣٧ | ٢٢ |
| د هـ | ٤٥ | ٢٧١ | ٣٥ | ٩١ |
| هـ أ | ١٥ | ٠٠ | ١٥ | ١٨٠ |

المطلوب تصحيح هذه الانحرافات بطريقة الجاذبية المحلية .

١٣- الجدول الآتي عبارة عن الانحرافات الأمامية والخلفية لترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ ، والمطلوب تصحيح هذا المضلع ، ثم ارسم هذا المضلع بمقياس رسم مناسب مبينا عليه الانحرافات الأمامية المصححة للأضلاع .

**جدول رقم (٢٧)**

| الخط | الطول | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | |
|---|---|---|---|---|---|
| أب | ١١٠ | ٥٦ | ١٨٥° | ١٨ | ٥° |
| ب جـ | ٨٨ | ٠٠ | ٢٨٤ | ٠٠ | ١٠٤ |
| جـ د | ٨٦ | ١٢ | ٣٠٦ | ٤٤ | ١٢٦ |
| د هـ | ٩٢ | ٠٠ | ٤١ | ٣٠ | ٢٢٠ |
| هـ أ | ١٠٥ | ٤٨ | ١٠٦ | ٢٤ | ٢٨٧ |

١٤- أخذت الانحرافات الآتية في ترافيرس مقفل بالبوصلة المنشورية أ ب ج د ، والمطلوب تصحيح الانحرافات بطريقة المتوسطات وحساب إحداثيات النقاط بمعلومة أن إحداثيات النقطة أ هي ( ١٠٠ شمالا ، ١٠٠ شرقا ) .

جدول رقم (٢٨)

| الخط | الطول | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | |
|---|---|---|---|---|---|
| أب | ٤٣ | ٣٨ | °١٥٩ | ٥٨ | °٣٣٩ |
| ب ج | ٣٨ | ٥٢ | ٢٢١ | ١٥ | ٤٢ |
| ج د | ٣٥ | ٣٥ | ٣٥٦ | ٥٩ | ١٧٦ |
| د أ | ٣٦ | ٥٦ | ٢٠ | ٢٣ | ٢٠١ |

١٥- أخذت الانحرافات الآتية في ترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ و . والمطلوب تصحيح الانحرافات بطريقة الجاذبية المحلية .

جدول رقم (٢٩)

| الخط | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | |
|---|---|---|---|---|
| أ ب | ٢٠ | °٤٢ | ٣٤ | °٢٢١ |
| ب جـ | ١٠ | ١٠٤ | ٢٢ | ٢٨٨ |
| جـ د | ١٦ | ٧٣ | ٠٨ | ٢٥٢ |
| د هـ | ٥٠ | ٢٠٣ | ٤٦ | ٢٢ |
| هـ و | ١٣ | ٢٧٩ | ١٣ | ٩٩ |
| و أ | ٢٣ | ٣١٦ | ١٣ | ١٣٥ |

١٦- الانحرافات الآتية أخذت لنقاط ترافيرس مقفل في اتجاه عقرب الساعة أ ب جـ ، والمطلوب تصحيحها بطريقة المتوسطات ، ثم احسب الزوايا الداخلية لرؤوس المضلع كذلك الزوايا الخارجية وحققهما .

جدول رقم (٣٠)

| الخط | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | |
|---|---|---|---|---|
| أب | ٠٠ | ٤٦° | ٠٠ | ٢٢٥° |
| ب جـ | ٣٠ | ٦٨ | ٥٠ | ٢٤٨ |
| جـ د | ٠٠ | ٢٥٣ | ٣٠ | ٧٣ |
| د أ | ٢٠ | ٣١٠ | ٤٠ | ١٢٩ |

١٧- المضلع أ ب جـ د أ أخذت رؤوسه في ترتيب دائري واحد مع عقرب الساعة ، فإذا كانت أطوال الأضلاع أ ب ، ب جـ ، جـ د هي ١٠٠ ، ٢٥٠، ١٢٠ مترا ، وانحرافاتها الدائرية الأمامية ٣٤َ ٢٦° ، ١٨َ ١١٥° ، ١٩٨° على الترتيب فكم يبلغ طول الضلع د أ الذي لم يتمكن الجغرافي من تقدير انحرافه وطوله لإعتراض مانع ايجابي يقع على امتداده لعملية التوجيه والقياس.

١٨- الجدول التالي عبارة عن الانحرافات الأمامية والخلفية لترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ أ ، والمطلوب رسم هذا المضلع بمقياس رسم مناسب مبينا عليها الانحرافات الأمامية للأضلاع .

جدول رقم (٣١)

| الخط | الطول (بالمتر) | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | |
|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | ٧٦ | ٠٠ | ٢٠٩° | ٠٠ | ٢٩° |
| ب جـ | ٨٤ | ٠٠ | ٢٨٦ | ٠٠ | ١٠٦ |
| جـ د | ٤٢,٥ | ٠٠ | ٣٣٤ | ٠٠ | ١٥٤ |
| د هـ | ٦٨ | ٠٠ | ٦٢ | ٠٠ | ٢٤٢ |
| هـ أ | ٨٢,٥ | ٠٠ | ١٢٢ | ٠٠ | ٣٠٢ |

١٩- أ ب جـ د هـ أ مضلع قيست أطوال أضلاعه وانحرافاتها الأمامية والخلفية ، والمطلوب تصحيح هذه الأرصاد ، ثم رسم المضلع بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠ بواسطة توقيع الزوايا الداخلية ، وما نسبة خطا القفل ، وهل هو مسموح به أم لا إذا كان المضلع في أرض وعرة ثم عين المواضع الصحيحة لنقط المضلع لملاشاة خطأ القفل .

**جدول رقم (٣٢)**

| الضلع | الطول (بالمتر) | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | |
|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | ١٤٩ | ٢٠ | ١٩٩° | ٢١ | ١٩° |
| ب جـ | ٩٨ | ٠٠ | ٢٧٨ | ٥٩ | ٩٧ |
| جـ د | ١١٢ | ١٥ | ٢٥٤ | ١٤ | ٧٤ |
| د هـ | ٧٣ | ٢٥ | ١١٥ | ٢٦ | ٢٩٥ |
| هـ أ | ١٠٠ | ٠٠ | ٦٦ | ٠١ | ٢٤٦ |

٢٠- أ ب جـ د أ مضلع مقفل في اتجاه عقرب الساعة ، فإذا علمت أن انحرافاته الأمامية والخلفية لأضلاعه مصححة ، كما أن أطواله على درجة كبيرة جدا من الدقة ، فأوجد طول وانحراف الضلع د أ بطريقتين مختلفتين وقارن بين نتائجهما .

**جدول رقم (٣٣)**

| الضلع | الطول | الانحراف الأمامي | | الانحراف الخلفي | |
|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | ٤٣ | ٤٧ | ١٥٢ | ٤٧ | ٣٣٢ |
| ب جـ | ٣٨ | ٥٩ | ٢١١ | ٥٩ | ٣١ |
| جـ د | ٤٠ | ٤٣ | ٣٤٧ | ٤٣ | ١٦٧ |
| د أ | ؟ | ؟ | | ؟ | |

٢١- أخذت أرصاد ترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ بالبوصلة المنشورية ، فكانت انحرافاته الأمامية كالتالي :

أب ٤١ ١٣٧°

جـ د ٤٥ ٢٧٩° ب جـ ٣٥ ٢٠٥°

هـ أ ١٠ ٨٣° د هـ ٠٩ ٣٤٤°

والمطلوب إيجاد الانحرافات المختصرة بهذه الانحرافات

٢٢- الأرصاد الآتية عبارة عن الانحرافات المختصرة لترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ والمطلوب إيجاد الانحرافات الدائرية للأضلاع .

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| أب | ش | ١٥ | °٦٢ | ق |
| ب جـ | جـ | ٣٠ | °٥٧ | ق |
| جـ د | جـ | ٥ | °٢٩ | غـ |
| د هـ | ش | ٠٠ | °٧٤ | غـ |
| هـ أ | جـ | ٥٥ | °٥٥ | عـ |

٢٣- الآتي عبارة عن الانحرافات المختصرة لترافيرس مفتوح أ ب ج د هـ و والمطلوب معرفة الانحرافات الدائرية لها .

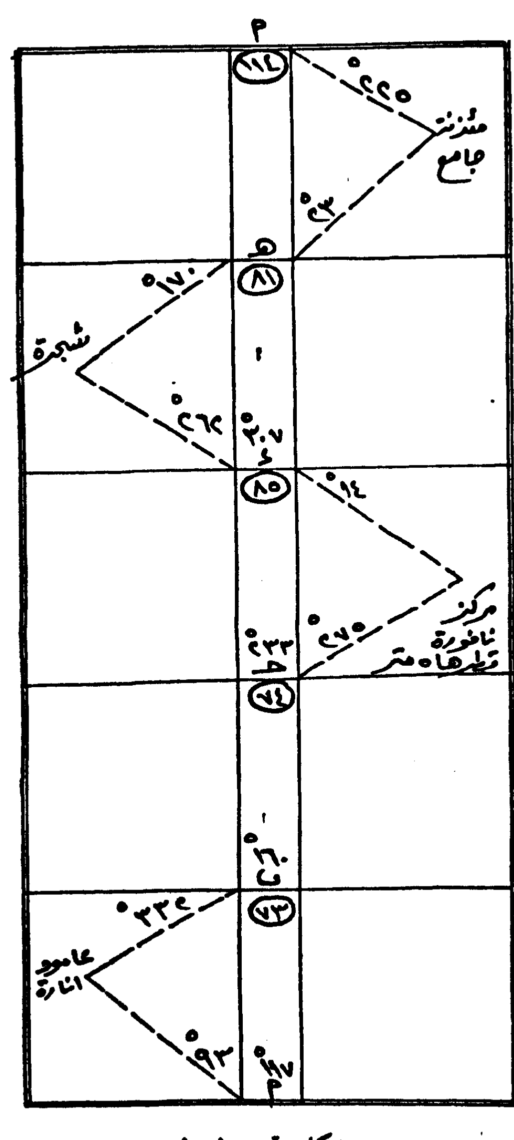
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| أب | جـ | ٣٠ | °٥٠ | ق |
| ب جـ | ش | ١٥ | °٤٣ | ق |
| جـ د | جـ | ٢٠ | °٣٤ | ق |
| د هـ | ش | ٥٢ | °٦٣ | ق |
| هـ أ | ش | ٣٠ | °٤٧ | غـ |

٢٤- الشكل رقم (١٠١) ترافيرس مقفل أجرى بالبوصلة المنشورية لقطعة أرض رفعت بطريقة اللف والدوران ، والمطلوب رسم الترافيرس والظاهرات المرصودة بداخلها وجوارها بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠ .

٢٥- الجدول الاتي يمثل بيانات ترافيرس مقفل أجرى بالبوصلة بطريقة التقاطع وكان خط القاعدة س ص طوله ٥٦ متر ، والمطلوب رسم هذا المضلع مع إيجاد مساحته بالأمتار المربعة بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠ .

جدول رقم (٣٤)

| من / إلى | س | ص | أ | ب | جـ | د | هـ | و |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| س | – | °٢٩٥ | °٢٣ | °١٤٤ | °٢١٤ | °٢٥٣ | °٢٩٦ | °٣١٩ |
| ص | °١١٥ | – | °٦١ | °١٣١ | °١٧٣ | °٢٢٢ | °٣٠٥ | °٣٤١ |


م
٢١٤
٢٢٥°
مئذنة
جامع
٤٣°
هـ
٨١
١٧٠°
شجرة
٢٦٤°
٢٠٧°
ء
٨٥
٩٤°
مركز
ناظورة
قطرها ٥ متر
٢٧٥°
٢٣٣°
حـ
٧٤
٢٦٠°
ب
٧٣
٢٣٢°
عامود
انارة
٩٣°
١٩٧°
م

شكل رقم ( ١٠١ )

٢٦- الجدول الآتي يمثل انحرافات أضلاع ترافيرس أخذت بالبوصلة المنشورية بطريقة التقاطع ، وكان خط القاعدة س ص طوله ٨٠ متر ، والمطلوب رسم هذا المضلع مع إيجاد مساحته بالأمتار المربعة بمقياس رسم ١ : ٢٠٠٠ .

جدول رقم (٣٥)

| من \ إلى | س | ص | أ | ب | جـ | د | هـ | و |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| س | - | ٢٨١ | ٥٦ | ٣٢ | ١٥ | ٣٥٢ | ٣٢٨ | ٣٠٠ |
| ص | ١٠١ | - | ٨٣ | ٥٥ | ٣٣ | ١٤ | ٣٤٩ | ٣٢٦ |

٢٧- الشكل رقم (١٠٢) عبارة عن منطقة وعرة صحراوية ، والنقط أ ب جـ د رؤوس مضلع رفع بالبوصلة المنشورية بطريقة اللف والدوران ، فإذا علمت أن انحراف الضلع أب ٤٥َ ١٣٧° وأن الزاويا الداخلية للمضلع هي أ- ٣٠ ١٥٦° ، ب- ١٥َ ٣٩° ، جـ- ٤٥َ ١٢٢° ، د = ٤٥َ ٤٢°
وأن أطوال الأضلاع هي أب = ١١٠ م ، ب جـ = ١٤٦م ، جـ د = ١٢٢م ، د أ = ١٢٨م والمطلوب :

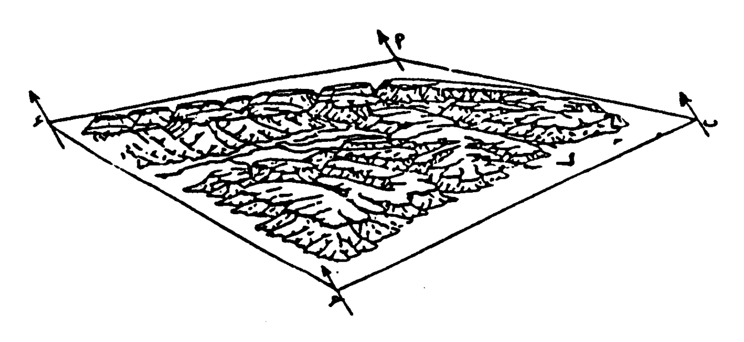
أ - رسم المضلع بطريقة الزوايا الداخلية .

ب- حساب إحداثيات نقط هذا المضلع .

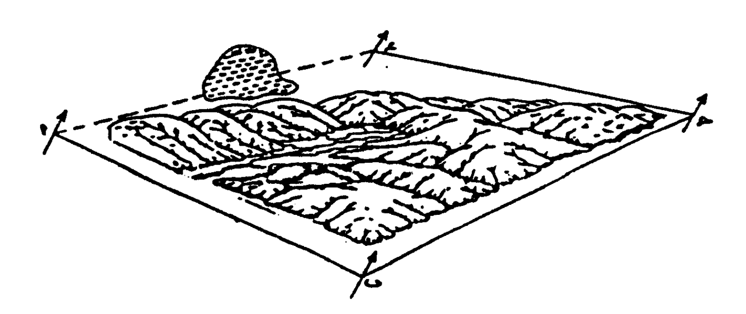
٢٨- الشكل رقم (١٠٣) عبارة عن منطقة صحراوية وعرة ، والنقط أ ب جـ د رؤوس مضلع ضد عقرب الساعة رفع بالبوصلة المنشورية بطريقة اللف والدوران ، وقد تمكن الجغرافي من قياس الأضلاع الآتية أب = ١٦٢م ، ب جـ = ١٨٠م ، جـ د = ١٥٦م ، ولكنه لم يتمكن من قياس الضلع د أ لوجود مستنقع يمنع القياس ولا يمنع التوجيه ، فإذا علمت أنه استطاع قياس الانحراف الأمامي للضلع دأ فوجده = ٢٢٥° ، وأن الزوايا الداخلية للمضلع هي أ = ٥٦َ ٤٣° ، ب- ٥٦َ ١٢٣° ، جـ = ٤٠َ ٣٧° ، د = ٤٥َ ١٥٧° والمطلوب :

أ- حساب طول الضلع أ د .

ب- حساب مساحة المنطقة بالفدان وكسوره .



شكل رقم ( ١٠٢ )



شكل رقم ( ١٠٣ )

# الفصل الخامس

# المساحة بالتيودوليت

**مقدمة :**

* تركيب التيودوليت الحديث والرقمي .
* قياس الأطوال والزوايا تاكيومتريا بالتيودوليت .
  - أولاً : طرق قياس الأطوال تاكيومتريا بالتيودوليت .
  - ثانياً : استعمال التيودوليت في قياس وتوقيع الزوايا الأفقية .
* خطوات الرفع المساحي بالتيودوليت .
* طرق الرفع المساحي بالتيودوليت .
  - أولاً : الترافيرس المقفل .
  - ثانيا : الترافيرس الموصل .
  - ثالثا : الترافيرس المفتوح .
* تطبيقات على التيودوليت .
  - تمارين محلولة على القياس بالتيودوليت .
  - تمارين على التيودوليت .

## مقدمة :

يعتبر جهاز التيودوليت من أدق الأجهزة المستخدمة في قياس الزوايا الأفقية والرأسية ، ويستخدم في إجراء العمليات المساحية التي تتطلب دقة كبيرة ، وتختلف دقة الزوايا المأخوذة به تبعا لنوع الجهاز المستخدم وتبعا للغرض من عمليات قياس الزوايا ، فقد تصل دقة القياس إلى جزء من الثانية ، كما هو الحال في عمليات الرفع الجيوديسي والمضلعات التي تغطى مساحات كبيرة من سطح الأرض ، وقد تقل الدقة إلى عدة ثواني أو دقيقة كاملة .

ويعتبر توماس دج ( Thomas Dugg ) (١٥٧١) أول من أشار إلى التيودوليت كجهاز مساحي ، وهو عبارة عن قوس مدرج إلى ٣٦٠° ، ويتوسط القوس أليداد ، وجميعها مركبة على حامل ، وهذا الاسم مشتق من كلمة ( Theodica ) ، والمعتقد أن أصلها هو الكلمة العربية ( دقيقا ) ، ويظهر ذلك جليا عند نطق كل من الكلمتين .

وقد كانت أول صناعة جدية للتيودوليت بواسطة رامسدن ( Jesse Ramsden) سنة ( ١٧٨٧ – ١٧٩٠ ) وقطره ٣ أقدام واستعمله المهندس (روي ) لربط شبكة مثلثات إنجلترا بشبكة مثلثات فرنسا . والجهازان الأصليان موجودان الآن في الجمعية الملكية ومتحف العلوم بلندن .

ويرجع للدقة الكبيرة لهذا الجهاز الفضل في أنه يستخدم على نطاق واسع خاصة في الأعمال التي تتطلب دقة كبيرة مثل الأرصاد الفلكية ، والميزانيات الدقيقة، والشبكات المثلثية ، كما يستعمل في قياس زوايا المضلعات ، وتوقيع المنحنيات ، وكافة أعمال التخطيط والتوقيع الدقيق ، وتتوقف دقة الرصد وقياس الزوايا بالتيودوليت على العوامل الآتية .

أ- دقة الجهاز وهي أقل زاوية يمكن قراءتها من ورنية الجهاز .

ب- دقة شخصية تتوقف على مهارة الراصد في رصد الزوايا وأجزاء وحدات القياس الزاوي التي يتم رصدها تبعا لتقدير الراصد .

جـ- دقة حسابية وتتوقف على نوع العمليات الحسابية التي تستخدم لمعالجة القياسات الزاوية التي تتم باستخدام التيودوليت .

والبتودوليت على أنواع كثيرة ، ولكن يمكن تقسيمه على ثلاثة أنــواع رئيسية هم .

١- التيودوليت ذو الورنية .

٢- التيودوليت الحديث ( ذو الميكرومتر ) .

٣- التيودوليت الرقمي ( ذو شاشة الإظهار ) .

ويستعمل النوع الأول غالبا في الأعمال العادية والتي لا تحتــاج إلــى دقة عالية ، أما النوعين الثاني والثالث ففي الأعمال الدقيقــة مثــل عمليــات الرفع الجيوديسي .

وسنتناول في العرض التالي جميع ما يتعلــق بالتيودوليــت الحــديث والتيودوليت الرقمي ، واستخدامهما في قياس الزوايــا الأفقيــة والرأســية ، وإجراء عمليات الرفع المساحي ،كذلك بعــض التطبيقــات المســاحية التــي يستخدما فيها على نطاق واسع .

## تركيب التيودوليت الحديث والرقمي :

### أولا : التيودوليت الحديث .

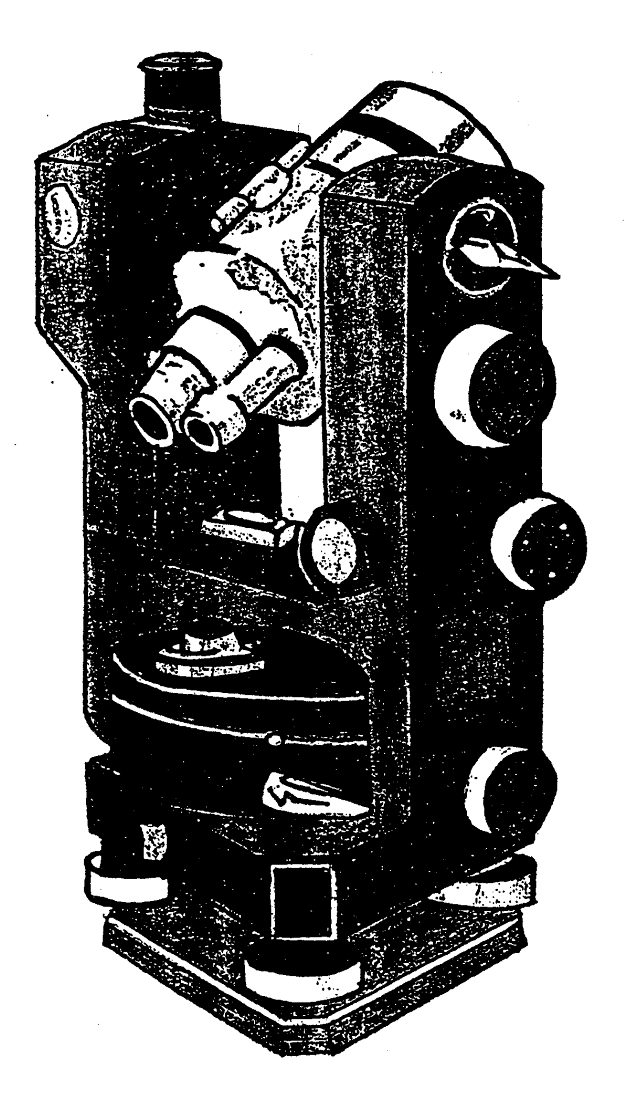
يتركب التيودوليت الحديث من جزئين رئيسيين هما :

١- الجزء العلوي ، ويسمى الأليداد ، ويشمل المنظار والحاملان والمحــور الأفقي للمنظار والميكرومتر ( انظر الشكل رقم ١٠٤ ) .

٢- الجزء السفلي ، ويشمل الحافة الأفقية أو المقياس الأفقي مع ما يتصل به من أجزاء القاعدة ومسامير التسوية .

وفيما يلي شرح للأجزاء بالتفصيل :

١- **حامل التيودوليت :** هو حامل ذو ثلاث شعب تنتهي كل شعبة منها بطرف مدبب ليسهل غرسها في الأرض ، ويوجد برأس الحامــل مسمار يربط التيودوليت بالحامل حتى لا تحــدث حركــة دوران للجهاز أثناء العمل ، وهذا المسمار يسمح بحركة انــزلاق أفقيــة لجعل الجهاز يتسامت تماما فوق النقطة التي تمثل رأس الزاويــة المطلوب قياسها .



شكل رقم ( ١٠٤ )

٢- **القاعدة مثلثية** : وهي مزودة بثلاث مسامير تسوية لضبط الأفقية وبها منظار خاص لإجراء عملية التسامت بصريا ، وبذلك يتم الاستغناء عن خيط الشاغول الذي يستخدم مع التيودوليت للتسامت الأولي .

٣- ويعلو قاعدة الجهاز **دائرة القياس الأفقي** وتتكون من قرص زجاجي مقسم إلى عدد كبير من الأقسام الدقيقة ، ويتحرك جسم الجهاز حركة أفقية دائرية فوق قرص القياس لتسجيل الزوايا بين الأضلاع المقاسة من مركز الجهاز، كما يمكن تحريك المنظار حركة رأسية محورية لإجراء القياسات بين الأهداف من الوضع المتيامن والمتياسر وتتم قراءة الزوايا من خلال عدد من الأجهزة العاكسة تعكس القراءة على منظار خاص ، بالإضافة على فتحة مزودة بمرآه عاكسة لتسمح بدخول قدر من الضوء إلى داخل الجهاز لجعل القراءة واضحة ومقروءة .

٤- **المنظار المساحي** : يقع المنظار المساحي على خط المحور الرأسي للجهاز ، والمنظار مزود بعدسة عينية أمام عين الراصد ، وأخرى شيئية في اتجاه الأهداف المرصودة ، بالإضافة إلى حامل الشعرات ، ويمكن عن طريقه تحديد مواقع الرصد بدقة متناهية ، وعدد من العدسات توجد في نهاية الأليداد أو المنظار المساحي بجوار العدسة العينية مباشرة تمكن من وضوح الصورة ، كذلك زيادة مجال الرؤية بالمنظار وزيادة قوة التكبير .

وتوجد المناظير على نوعين .

أ- المنظار ذو التطبيق الخارجي : وهو النوع السائد في الأجهزة المساحية القديمة .

ب- المنظار ذو التطبيق الداخلي : وهو ما تشمله أغلب الأجهزة الحديثة .

**(أ) المنظار ذو التطبيق الخارجي : External Focussing**

ويتكون من اسطوانتين تتحرك إحداهما داخل الأخرى على محور أفقي واحد فالأسطوانة الداخلية تنزلق بأحكام داخل الاسطوانة الخارجية في حدود من ثلاثة إلى خمسة سنتيمترات ، وفي طرفي الأسطوانة الداخلية توجد عدسة مركبة تتكون من عدستين متلاصقتين إحداهما محدبة وأخرى مقعرة – تسمى العدسة الشيئية – والغرض منها الحصول على صورة حقيقية مصغرة للمرئيات البعيدة ، وفي الطرف الثاني من الاسطوانة

الخارجية توجد عدسة مركبة ، تتكون من عدستين ( كل منهما محدبة من ناحية ومسطحة من الناحية الأخرى ) على بعد معين من بعضهما – وتسمى بالعدسة العينية – والغرض منها تكبير صورة الهدف التي تكونها العدسة الشيئية ( انظر الشكل رقم ١٠٥ ) .

**( ب ) المنظار ذو التطبيق الداخلي Internal Focusing**

ويتمثل في أغلب المناظير الحديثة ، ولا يختلف في تركيبه عن المنظار ذو التطبيق الخارجي ، فيما عدا العدسة الشيئية ، فإنها ثابتة لا تتحرك عند طرف أنبوبة المنظار ، ويحدث التطبيق بواسطة عدسة إضافية مركبة تتحرك عن طريق مسمار التطبيق لتوضيح صورة الهدف .

- ميزات التطبيق الداخلي .

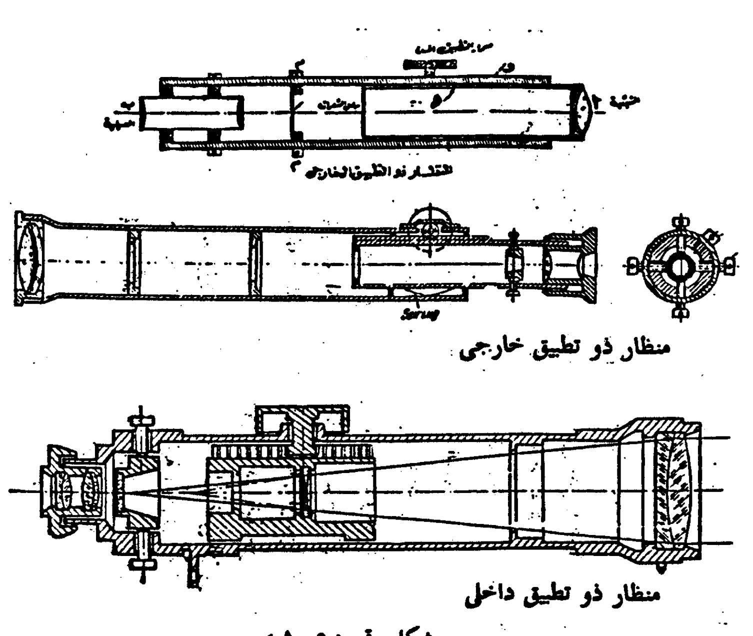
١- حيث أن نهايتي المنظار مغلقة فإن الأنبوبة المنزلقة تخلو من الأتربة والرطوبة التي تسبب التآكل .

٢- تبسيط العمليات الحسابية في المساحة التاكيومترية .

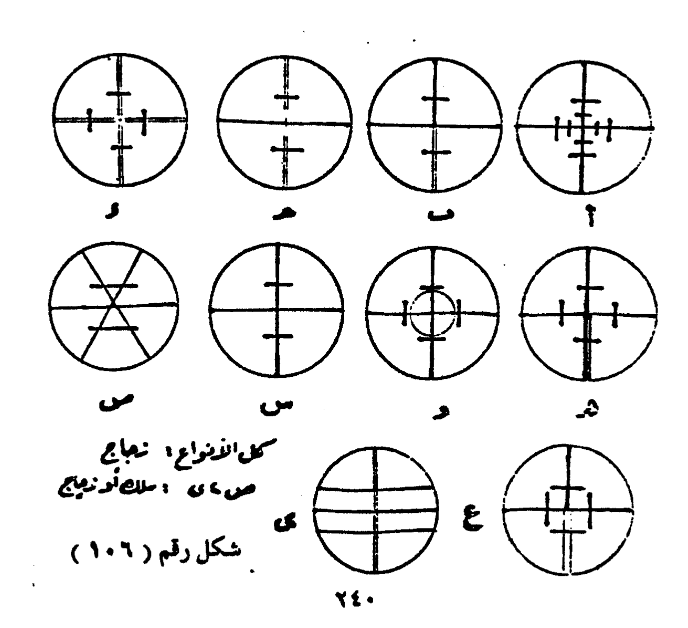
٣- المنظار ذو التطبيق الداخلي يكون بطول أقصر من ذي التطبيق الخارجي ويمتاز بقوة تكبير عالية .

٤- يمتاز بوضوح الصورة وقوة الإضاءة وسعة المجال .

وعلى مسافة صغيرة من العينية يوجد حامل للشعرات ، والغرض منه تحديد محور المنظار لتقع عليه صور المرئيات ، وهو إطار أو حلقة من النحاس تثبت في مكانها من المنظار بأربعة مسامير وهي مقلوظة مركبة في حافة الحلقة وتمر في ثقوب بالمنظار أوسع قليلا لتسمح بتحريك حامل الشعرات أفقيا ورأسيا وأيضا بحركة دورانية حول محوره ، والشعرات تظهر مكبرة عند رؤيتها خلال العينية ، ولذلك فمن الضروري أن تكون دقيقة جدا ، والشعرات الأساسية واحدة أفقية وأخرى رأسية ، وقد توجد شعرتان أخريان أفقيتان أقصر من الأساسية ، وكثيرا ما نجدهما في التيودوليت والأجهزة التاكيومترية الأخرى لقياس المسافات (انظر شكل ١٠٦) .




شكل رقم ( ١٠٥ )




شكل رقم ( ١٠٦ )

وهناك عدة وسائل لإعداد هذه الخطوط أو الشعرات .

أ- من خطوط العنكبوت :وهي وإن كانت جيدة وتظهر واضحة ألا أنـــه قـد بطل استعمالها الآن تقريبا لحساسيتها الكبيـرة ، وتعرضـها المسـتمر للقطع والارتخاء بالرطوبة ، وقطعها بالشد عنـد جفافهـا ، وصـعوبة تركيبها .

ب- من خطوط محفورة على الزجاج الرقيق المصنفر : وتمتاز بأن الوضـع النسبي بين الخطوط لا يتغير كما هو الحــال فــي خـيط العنكبـوت المعرض للتغير ، ويجب أن يكون سطحا الزجاج متوازيين وإلا فــإن الضوء يعاني انكسارا عند مروره خلالهما ، ويعتبر هذا النوع أفضـل وأدق الأنواع، ويستعمل في معظم الأجهزة الحديثة ، وإن كــان يعيبـه احتياجه إلى التنظيف المستمر بورق السجائر الرقيق .

جـ- أسلاك معدنية من البلاتين : هي أفضل الأنواع على الإطلاق للأعمال المساحية حيث لا تتعرض كثيرا للكسر ، وتغني عن استعمال الزجاج ، وتظل مضبوطة لسنوات عديدة إلا أن استعمالها متعب .

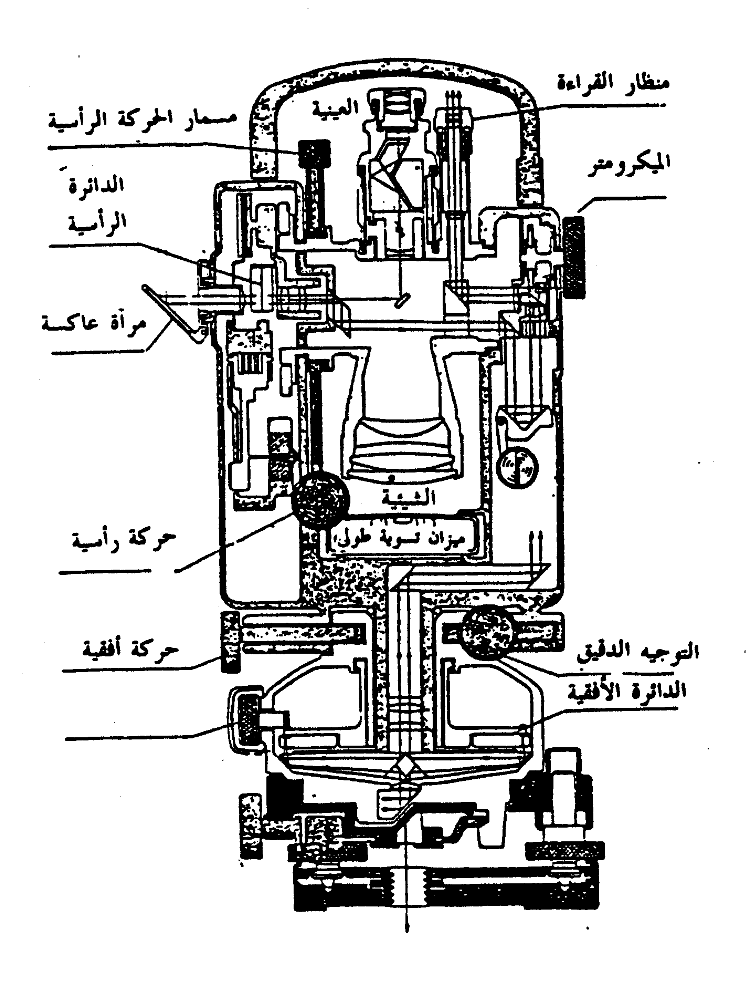
وفي بعض أنواع حامل الشعرات خطوط زيادة عن الشعرات الرئيسـية وهي تصلح لأغراض أخري .

في جانب المنظار يوجد مسمار تطبيق ، يستعمل لتطبيق الصورة على حامل الشعرات ، ويدهن داخل المنظار باللون الأسود غير اللامـع ، حتـى يزداد وضوح الصورة ويمنـع الانعكـاس عـن السـطح الـداخلي ، كمـا يوجد حاجز الضوء عند الشيئية ليحول دون دخول الأشـعة التـي لا تلـزم لتكوين الصورة .

٥- **قرص تدريج رأسي** : وهو مجاور للمنظار لقياس الزوايا الرأسـية ، أي زوايا الارتفاع والانخفاض ، وتتم قراءة الزوايا الرأسـية مـن نفـس منظار قراءة الزوايا الأفقية ( شكل رقم ١٠٧ ) .

٦- قاعدة الجهاز والمنظار جميعها مزود بعدد من موازين التسوية الدائرية والطولية تستخدم لضبط أفقية الجهاز ضبطا دقيقا وكاملا .

٧- **الجهاز مزود بميكرومتر** : وهو يعمل على تحريـك قـرص التـدريج للحصول على أدق قراءة للزوايا الأفقية والرأسية أو على قراءة معينـة لضبط الجهاز قبل إجراء عملية الرصد .




تركيب جهاز التيودوليت

وقد يطلق على الميكرومتر اسم المقياس الإضافي ، ويستخدم كذلك مع التيودوليت لتقدير كسور الدرجات والدقائق والثواني ، ويبدو الميكرومتر على هيئة طارة مدرجة إلى أجزاء الدرجة ، وتدار طارة الميكرومتر آليا عكسيا مع المقياس الرئيسي ، بحيث تلف دورة كاملة بينما تتحرك وحدة المقياس وحدة واحدة ، وتظهر قراءة الميكرومتر مع قراءات أقسام المقياس الأساسي خلال منظار جانبي بجوار وموازي للمنظار الرئيسي .

٨- توجد عدة مسامير منها مسامير للحركة السريعة للتوجيه الأولى ، ومنها مسامير للحركة البطيئة للتوجيه الدقيق .

أ- مسمار الحركة السريعة لدوران المنظار حول محوره الأفقي .

ب- مسمار الحركة البطيئة لدوران المنظار حول محوره الأفقي .

ج- مسمار الحركة السريعة لدوران الجهاز حول محوره الرأسي .

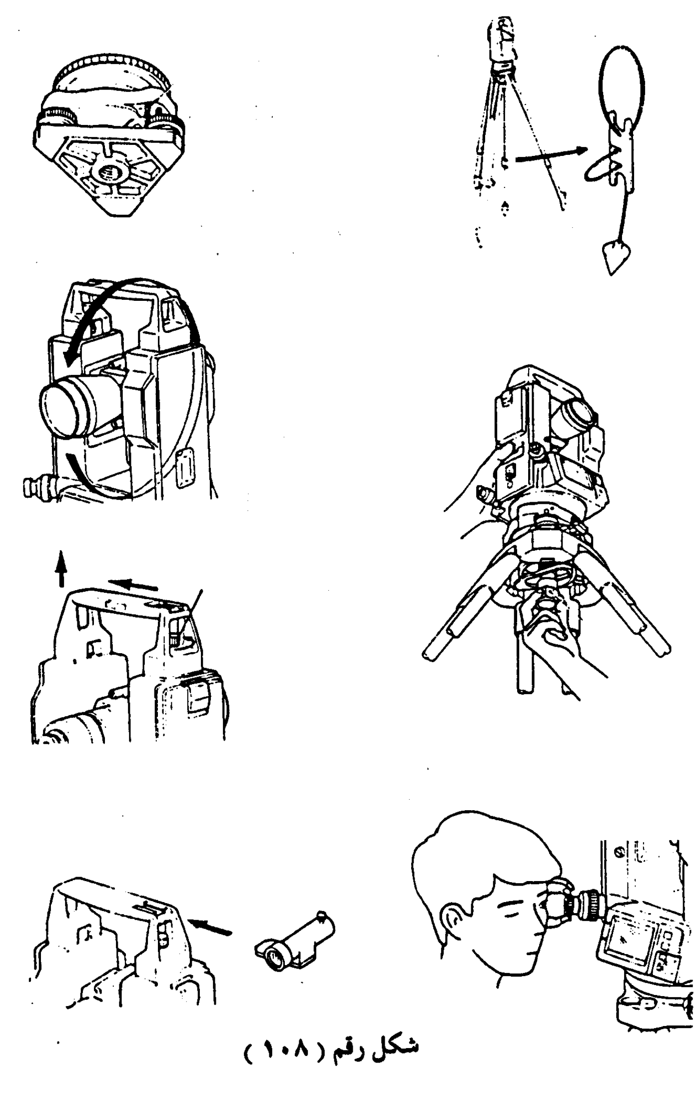
د- مسمار الحركة البطيئة لدوران الجهاز حول محوره الرأسي .

٩- **بوصلة** : بعض أجهزة التيودوليت مزودة ببوصلة وإما مثبتة على الجهاز دائما فوق غلاف القرص الأفقي بغرض قياس الانحرافات الأمامية والخلفية للخطوط التي تقاس الزوايا بينها بالتيودوليت ، وإما أن تكون البوصلة حرة وموضوعة في صندوق حفظ التيودوليت وتثبت فوق التيودوليت عند الاحتياج إليها فقط .

١٠- للجهاز علبة من البلاستيك المقوى للحفاظ عليه من الصدمات حتى يكون بحالة جيدة تماما لضمان دقة الرصد به وقياس الزوايا .

## ثانيا : التيودوليت الرقمي :

كهيكل يتشابه التيودوليت الرقمي إلى حد كبير مع التيودوليت الحديث ، إلا أنه يختلف عنه في أوجه عديدة لعل أهمها عدم وجود منظار لقراءة مقياس الزاوية الأفقية والرأسية ، كذلك عدم وجود ميكرومتر والاستعاضة عنه بشاشة تظهر قراءة الزاوية الأفقية والرأسية بالدرجات والدقائق والثواني مباشرة ، مما يسهل إلى حد كبير جدا من عملية الرفع المساحي بالتيودوليت ، كما يزيد من الثقة في النتائج ، وتقلل من الوقت والجهد اللازم لإتمام عملية الرفع المساحي .



شكل رقم ( ١٠٨ )

ويتشابه كل من التيودوليت الرقمي والتيودوليت الحديث فيما يلي .

١- حامل التيودوليت وخيط الشاغول ( شكل رقم ١٠٨ ) .
٢- القاعدة المثلثية .
٣- المنظار المساحي .
٤- موازية التسوية الدائرية والطولية
٥- مسامير الحركة الأفقية والرأسية السريعة والبطيئة .
٦- البوصلة . ٧- علبة الجهاز .

- أما أوجد الاختلاف بينهما فتتمثل فيما يلي :

١- الاستعاضة عن منظار قراءة الزاوية الأفقية والرأسية كذلك الميكرومتر بشاشة تضاء أليا تظهر عليها الزاوية الرأسية V والزاوية الأفقية H .

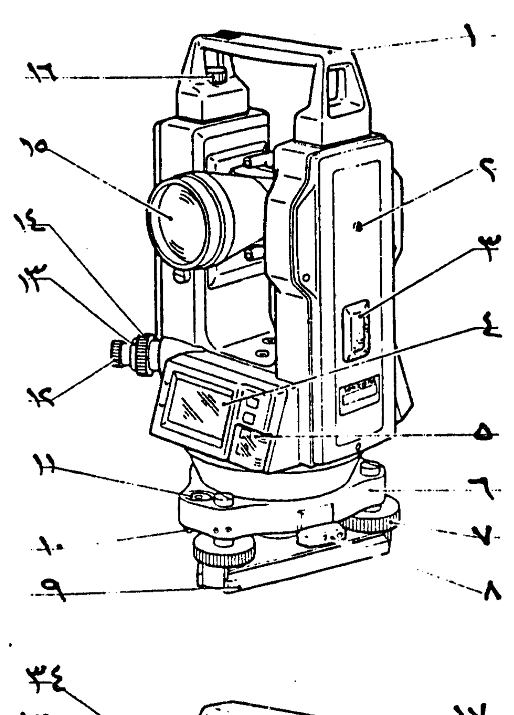
ويمكن عن طريق إضاءة الشاشة قياس الزوايا بالتيودوليت الرقمي في الأوقات الغائمة ، مما يعمل على استمرار العمل لفترة طويلة ، أما بالنسبة للتيودوليت الحديث والذي تعتمد الإضاءة الداخلية لقراءة الزاوية الأفقية والرأسية فيه على ضوء الشمس فلا يمكن العمل به مع اختفاء قرص الشمس .

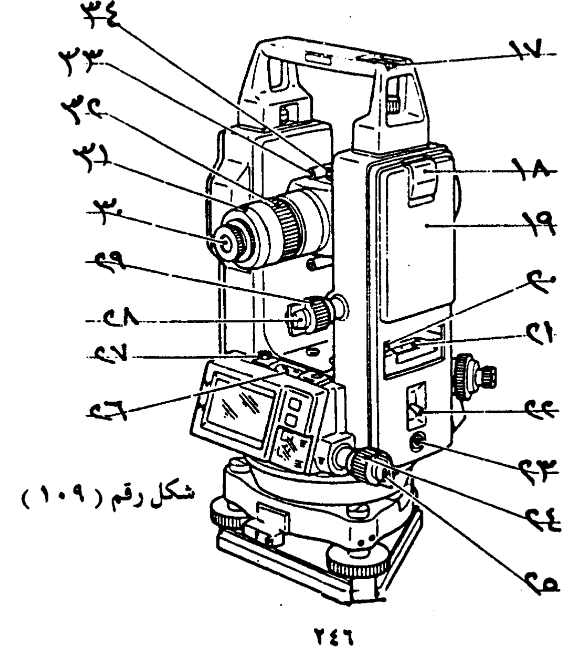
٢- يعمل التيودوليت الرقمي أتوماتيكيا عن طريق بطارية توجد على أحد جانبي حامل المنظار .

٣- عن طريق مفتاح يقع بجوار الشاشة مباشرة يمكن تغيير الوضع من المتيامن إلى المتياسر أما في التيودوليت الحديث ، فإذا ما أراد الراصد تغيير الوضع فيجب عليه أن يعدل أو يغير وضع الدائرة الرأسية ، بحيث تقع على يمينه في الوضع المتيامن أو على يساره في الوضع المتياسر مع قلب منظار التوجيه ناحية الهدف .

هذا والشكل رقم ( ١٠٩) يوضح الأجزاء التي يتكون منها التيودوليت الرقمي وهي .

| | |
|---|---|
| ١- اليد ( أو مقبض الجهاز ) | ١٨- غطاء بطارية الجهاز |
| ٢- علامة مركز التيودوليت | ١٩- بطارية BDC21 |
| ٣- غطاء المفاتيح الداخلية | ٢٠- مفتاح ضبط القاعدة |
| ٤- شاشة الإظهار أو العرض | ٢١- مستوى القاعدة |


١٦
١
١٥
٢
١٤
١٣
٣
٤
١٢
٥
١١
٦
١٠
٧
٩
٨


٣٤
١٧
٣٣
٣٢
١٨
٣١
١٩
٣٠
٢٩
٢٠
٢٨
٢١
٢٧
٢٦
٢٢
٢٣
٢٤
٢٥

شكل رقم ( ١٠٩ )

٥- مفاتيح شاشة الجهاز
٦- الملف
٧- مفاتيح ضبط الميزان الدائري
٨- مفتاح ربط الجهاز بالقاعدة المثلثية
٩- القاعدة المثلثية
١٠- مفتاح القدم
١١- الميزان الدائري
١٢- مفتاح منظار التسامت
يمكن بواسطة التحكم في مدى رؤية دائرة التسامت
١٣- غطاء مفتاح منظار التسامت
١٤- الدائرة البؤرية لمنظار التسامت
عن طريقه يمكن التحكم في رؤية رأس الوتد
١٥- العدسة الشيئية
١٦- مفتاح اليد ( مفتاح مقبض الجهاز)
١٧- ثقب البوصلة الأنبوبي
٢٢- مفتاح القوى
٢٣- موصل البيانات
٢٤- مفتاح الحركة الأفقية البطيئة
٢٥- مفتاح الحركة الأفقية السريعة
٢٦- الميزان الطولي
٢٧- مفتاح ضبط مستوى القاعدة
٢٨- مفتاح الحركة الرأسية السريعة
٢٩- مفتاح الحركة الرأسية البطيئة
٣٠- العدسة العينية
يمكن بواسطتها التحكم في رؤية شعرات الاستاديا
٣١- غطاء مفتاح العدسة العينية
٣٢- بؤرة العدسة العينية
عن طريقه يمكن التحكم في رؤية الهدف المرصود
٣٣- إشارة التوجيه ( اللاشنكاه )
٣٤- تحديد مجال الرؤية .

**القامة المستخدمة :**

القامة هي عبارة عن مقياس من الخشب بطول يتراوح بين ٣ إلى ٤ متر ويوجد بطرفي القامة غطاء من الحديد السميك لحفظها حتى لا يتآكل الخشب نتيجة للاستعمال أو لاحتكاكه بالأرض ، والقامة مغطاه بطبقة سميكة من الطلاء الأبيض من الأمام والرمادي أو الأسود من الخلف لحفظها من العوامل الجوية . ووجه القامة مقسم إلى أمتار وديسيمترات وسنتيمترات . فهي مقسمة على أربعة أقسام رئيسية طول كل منها مترا ، وهناك علامات على شكل مثلث أحمر لتوضيح هذه الأقسام الرئيسية . وكل متر مقسم بدوره إلى ديسيمترات ويحدده خط رفيع أسود . وترقم أقسام الديسيمترات في كل متر يبدأ من الصفر وحتى الرقم تسعة باللون الأسود وبحجم واحد ، عدا الأرقام التي تمثل الأرقام الكاملة فهي تكتب أسفل المثلث وباللون الأحمر حتى يسهل تمييزها ، وفي بعض أنواع القامات يكتب بدلا من الرقم 5 حرف " .V " وبدلا من الرقم 9 حرف " .N " وذلك لمنع الالتباس في قراءة الأرقام , 3 , 5 , 6 ,9 .

وتقسم الديسيمترات بدورها إلى سنتيمترات . وهي عبارة عن مستطيلات متباينة من اللونين الأبيض والأسود ( أو الأبيض والأحمر ) ، عرض كل مستطيل سنتيمتر واحد . وهذه المستطيلات تتبادل مواقعها كل خمسة سنتيمترات على يمين ويسار وجه القامة ليسهل تحديد عدد السنتيمترات . ويتكرر التقسيم بنفس هذا النظام في كل متر .

ويتم ترقيم الديسيمترات في كل متر كما هو الحال في المتر الأول ، ويوضع تحت ( أو فوق) أرقام الديسيمترات في المتر الثاني نقطة سوداء ( أو حمراء) لتدل على أن قراءة القامة هي متر كامل وجزء من المتر الثاني . ويضاف في المتر الثالث نقطتين وفي المتر الرابع ثلاث نقط بنفس الطريقة ( شكل رقم ١١٠ ) .

وبما أن الصورة في منظار التيودوليت تظهر معدولة لذلك توضع القامة عند الهدف بحيث يكون صفر تدريجها على النقطة المطلوب إيجاد منسوبها ، حتى نرى صورة القامة في المنظار معدولة ويسهل القراءة عليها ، ولهذا السبب تكتب الأرقام على قامة التيودوليت معدولة بعكس الحال في قامة الميزان ، الذي تظهر فيه صورة القامة مقلوبة ، لهذا تكتب أرقامها على القامة بالمقلوب ، لتظهر معدولة في المنظار حتى يسهل قراءتها ، ونتيجة لذلك يلاحظ أن القراءات على قامة بعض الموازين تتزايد من أعلى إلى أسفل إذا ما نظرنا إليها من المنظار ، لذلك يجب على حامل القامة بأن يتأكد من أن القامة المستعملة هي قامة التيودوليت وليس الميزان ، كما يجب عليه إذا ما أراد القيام بعملية القياس التاكيومتري بواسطة الميزان أن يتأكد من أن القامة المستخدمة هي قامة الميزان ، حيث تتزايد القراءة إلى أسفل ، ويجب عليه ألا يسهو ويضع صفر القامة إلى أعلى ، كما ينبغي على الراصد أن يدرس طريقته وكيفية تدرج القامة قبل القيام بالعمل .

- قراءة القامة :

يتم قراءة التدريج المدون على القامة في موضع تقاطع الشعرة الوسطى لحامل الشعرات الذي يوضح الجزء المقطوع من القامة ، وتكون القراءة بتحديد الأمتار المقطوعة من واقع عدد الدوائر المطموسة السوداء ، ثم يقرأ الرقم الذي يدل على الديسيمتر ، ثم تحديد المستطيلات التي تدل على عدد السنتيمترات الصحيحة . ويتم تقدير الجزء من السنتيمترات بمعرفة الراصد .

- أنواع القامات :

تتنوع القامات ما بين القامة المطوية والتلسكوبية والمنزلقة وجميعها تتفق في أسلوب التدريج ، وتختلف في الشكل ، بما يسهل نقلها وحفظها .

أ- القامة المطوية :

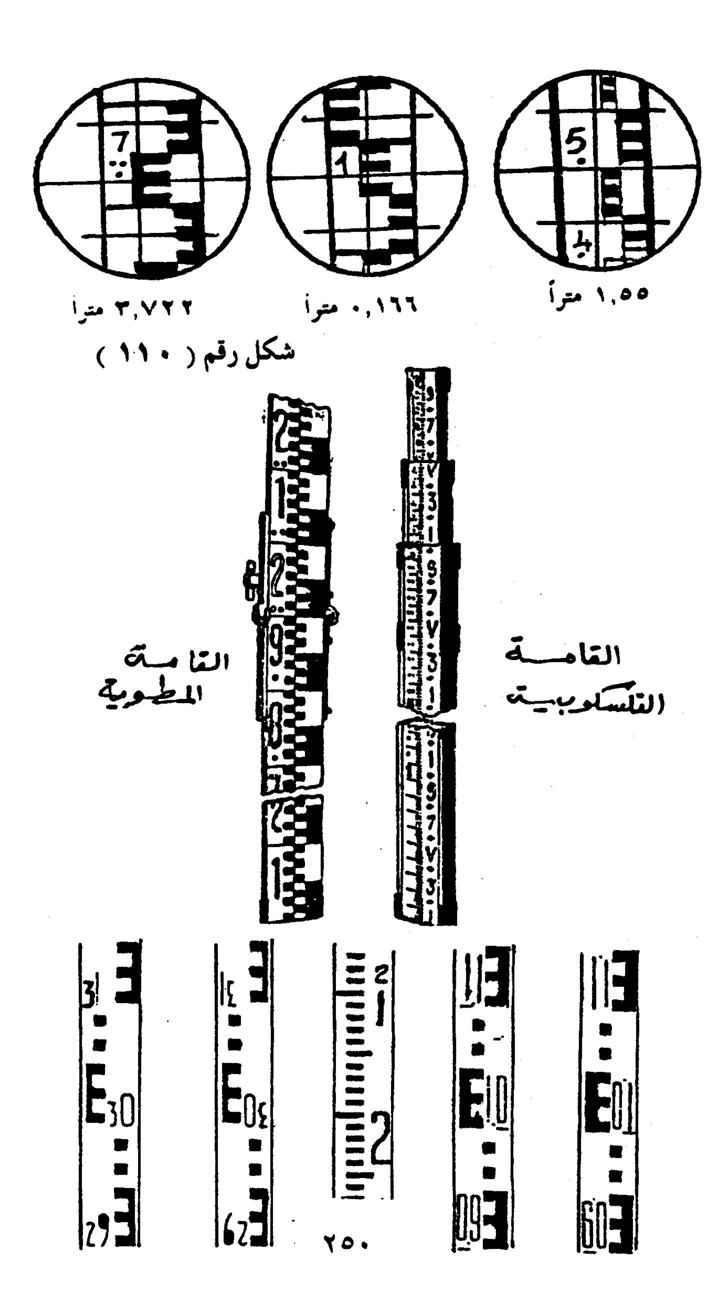
وتسمى بالقامة الفرنسية في بعض الأحيان ، وهي عبارة عن أربعة قطع من الخشب طول كل منها متر واحد . ويتصلم ببعضهم بمفصلات ، ويطوي كل واحدة على الأخرى ، وعند استعمالها تفرد القامة ويثبت كل جزء بالآخر في استقامة واحدة بواسطة مشبك حديدي في ظهر القامة به مسمار قلاووظ وصامولة لربط الأجزاء .

ب- القامة التلسكوبية :

وتسمى بالقامة الإنجليزية أو القامة المتداخلة ، وهي مكونة من ثلاثة أجزاء متداخلة تنزلق داخل بعضها ، وعند فرد القامة يرتكز كل جزء على الجزء الداخل فيه بواسطة زنبرك خاص ، وتدرج كل جزء متسلسل مع تقسيم الجزء الذي أسفله وميزة هذه القامة هو صغر طولها عند عدم الاستخدام نتيجة لتداخل أجزائها في بعض ، بالإضافة إلى ضمان عدم وجود ميل في جزء من أجزاء القامة .

جـ - القامة المنزلقة :

وتتكون من عدة أجزاء إحداهم ينزلق وراء الآخر وهكذا في مجرى صغير من الحديد ، وميزتها أنها سهلة الاستعمال خاصة عندما تكون الأحوال الجوية سيئة، لأنها بطبيعة تركيبها لا تحتاج لفردها كلها ، بل يستعمل وجهها الخارجي وهو المرقوم من صفر إلى ٢,٠٠ متر . وذلك إذا كانت القراءات على خط نظر الميزان لا تجاوز المترين ، وعيبها أنها عرضة عند فردها لعدم استمرار أقسامها فتتداخل بعض السنتيمترات من الجزء الخلفي وراء الجزء الأمامي ، فإذا وقعت القراءات في الجزء الثاني من القامة والذي يبدأ من ٢,٠٠ متر ، فإنها تكون خاطئة وتعطي مناسيب أقل من الحقيقة لأن الطول الفعلي أقل من الطول الناتج بسبب تداخل الجزئين .


٣,٧٢٢ متراً
٠,١٦٦ متراً
١,٥٥ متراً
القامة المطوية
القامة التلسكوبية
شكل رقم ( ١١٠ )

- طريقة وضع القامة :

توضع القامة دائما على أرض صلبة وإذا استعملت في أرض رخوة يجب وضعها على قاعدة حديدية وهي مثلثة الشكل ، بكل رأس من رؤوسها قائم عمودي مدبب ، وفي وسطها بروز على شكل دائرة ، أعلى بقليل من سطح القاعدة . وهناك أنواع أخرى مختلفة الأشكال ، وتوضع القامة على القاعدة الحديدة في الأرض الرخوة حتى لا تنغرس في الأرض فتعطي قراءة غير صحيحة للنقطة الموجودة عليها .

وعادة ما يثبت خلف القامة أو على جانبها ميزان مياه دائري صغير للاستفادة منه في جعل القامة رأسية تماما أثناء العمل ، إذ أن ميل القامة عن المستوى الرأسي يجعل القراءات المرصودة أكبر من حقيقتها .

## شروط ضبط التيودوليت

تنقسم شروط ضبط التيودوليت إلى قسمين رئيسيين هما :

- الضبط المؤقت :

وهو ما يجرى قبل عملية القياس مباشرة وينتهي إذا رفع الجهاز من مكانه وهو عبارة عن التسامت والأفقية والتطبيق .

- الضبط الدائم :

ويجرى عند استلام الجهاز من المصنع ، أو بعد استعماله لفترة زمنية طويلة، أو نقله لمسافات كبيرة ، وعملية الضبط الدائم هي ضبط الأجزاء المختلفة للجهاز حتى يستوفي الشروط الهندسية ، أو بعبارة أخرى معايرة الجهاز لضبط الخلل المحتمل حدوثه في بعض أجزاءه .

وفيما يلي دراسة لشروط الضبط المؤقتة .

**أولا : التسامت : (Centering)**

معنى التسامت هو وضع الجهاز بحيث يكون مركزه أو امتداد محوره الرأسي الذي يعينه سن الشاغول المتدلي منه فوق مركز الوتد أو العلامة المحددة للنقطة المراد الرصد منها تماما ، وفي الوقت نفسه تكون الحافة

الأفقية أفقية تقريبا بالنظر والاستعانة بميزان التسوية الطولي أو الدائري للحافة الأفقية .

ولأجراء عملية التسامت نجرى الخطوات التالية :

١- نضع الجهاز فوق حامله قريبا من النقطة ( مركز الوتد) مع فرد شعبه بحيث يكون ارتفاع الجهاز مناسبا .

٢- نحرك شعبتين من شعب الحامل إلى الداخل أو الخارج في حركة قطرية بالنسبة للوتد حتى يصبح الجهاز أفقيا بالتقريب .

٣- نحرك الجهاز كمجموعة واحدة بدون تغيير مواضع الشعب النسبية بالنسبة لبعض حتى يصبح سن الشاغول على بعد سنتيمتر أو إثنين من مركز الوتد ونضغط على شعب الحامل جيدا داخل الأرض بالقدم .

٤- نضبط التسامت جيدا بجعل سن الشاغول فوق مركز الوتد تماما بفك مسمار أو طارة عند قاعدة الجهاز وتحريكه فوق القاعدة ثم نربط الجهاز جيدا بحامله بربط هذه الطارة أو المسمار .

ويلاحظ أن يكون سن الشاغول على ارتفاع حوالي سنتيمتر واحد تقريبا من مركز العلامة .

**ثانيا – أفقية الجهاز :**

يلزم لضبط محاور التيودوليت حتى تكون أفقية تماما ، ويساعدنا في ذلك ما يسمى ميزان التسوية ، وهو إما أن يكون مستديرا أو أسطواني متصلا بالجهاز ، وفي بعض الأنواع يكون هناك ميزانا تسوية .

وترتكز فكرة أى ميزان تسوية على الخاصية المعروفة .

لو ملأنا وعاءا مغلقا بسائلين مختلفي الكثافة لطفا السائل الأخف على السطح ولو حللنا محل السائل الخفيف فقيعة هواء أو غاز ، لطفت هذه الفقيعة إلى أعلى سطح هذا الإناء وبذا توضح ميل هذا الإناء في أي ناحية ، حيث تقع دائما في الناحية الأكثر ارتفاعا .

أ- ميزان التسوية الكروى :

هو عبارة عن وعاء زجاجي داخل غلاف معدني ، سطح الوعاء الزجاجي العلوي يمثل جزءا من سطح الكرة وسطحه السفلي ملحوم في الغلاف المعدني ، والوعاء مملوء بالأثير أو الكحول فيما عدا فقيعة صغيرة من بخار الأثير أو الهواء ( شكل رقم ١١١ ) .

أعلى نقطة في السطح الكروى محددة بواسطة دائرة أو عـــدة دوائـــر متمركزة لو ضبط ميزان التسوية هذا بحيث كانت الفقيعـــة داخـــل الـــدوائر المذكورة لكان المستوى المماس لسطح الكرة العلوي ممثلا لمســـتوى أفقـــي تماما ، فلو وضع هذا المستوى موازيا لمستوى معين أو عموديـــا علـــى أى اتجاه معين لأمكن في هذه الحالة ضبط المستوى المذكور أفقيـــا أو الاتجـــاه المذكور رأسيا ، ويمكن ذلك لو ثبت ميزان التسوية بالجزء المطلوب ضبطه مع إمكان ميلهما سويا لضبط الفقيعة في المنتصف تماما .

ب- ميزان التسوية الاسطواني :

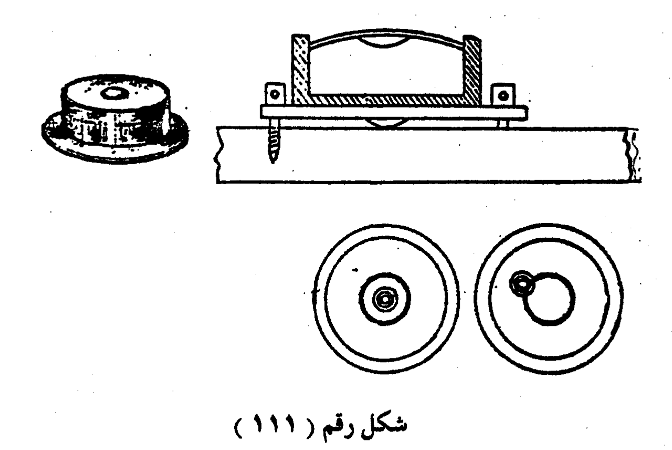
عبارة عن وعاء أسطواني سطحه العلوي يمثل سطح برميلي الشـــكل أي مقوس في كلا اتجاهيه وأعلى نقطة فيه في المنتصف تمامـــا ، والوعـــاء مملوء بالأثير فيما عدا فقيعة صغيرة مـــن بخـــار الأثيـــر . علـــى الســـطح الزجاجي توجد علامات (شرط) تبعد عن بعضها بمقدار ٢مم (في الأجهـــزة القديمة ٢,٢٦مم ) . في أعلى نقطة من الســـطح الكـــروي توجـــد الشـــرطة الوسطى ، وهى التي تحدد منتصف الأنبوبة أو أعلى نقطة فـــي الســـطح ، والمماس الواصل بهذه النقطة وفي اتجاه الأنبوبة الطولي هو محور ميـــزان التسوية . والزاوية اللازمة لتحريك الفقيعة مسافة شرطة واحدة تســـمى دقـــة ميزان التسوية وتعطي دائما بالثوان ، وقد تصل في الموازين الدقيقة إلـــى ٥" والمتوسطة إلى ٢٠" والبسيطة ٣٠" . أي أنه يمكننا ضبط مستوى رأســـيا أو أفقيا بالاستعانة بميزان التسوية هذا في تلك الحدود . وتوجـــد عـــدة طـــرق لتركيب ميزان التسوية بالجهاز . فقد يكون مثبتا في الجهاز من المصـــنع أو يكون مستقلا لاستخدامه عند اللزوم ( شكل رقم ١١٢ ) .

وتجرى عملية ضبط الأفقية كما يلي :-

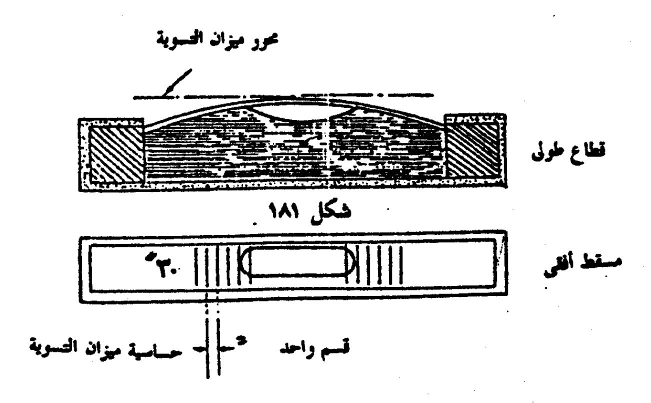
١- يوضع ميزان التسوية موازيا المسمارين من مسامير التسوية ثم تضبط الفقيعة في منتصف مجراها بواسطة هذين المسمارين ( شكل ١١٣ ) .

٢- يدار الجهاز ٩٠° حتى يصبح ميزان التسوية في وضع عمـــودي علـــى الوضع الأول ثم تضبط الفقيعة في منتصف مجراها بالمسمار الثالث .

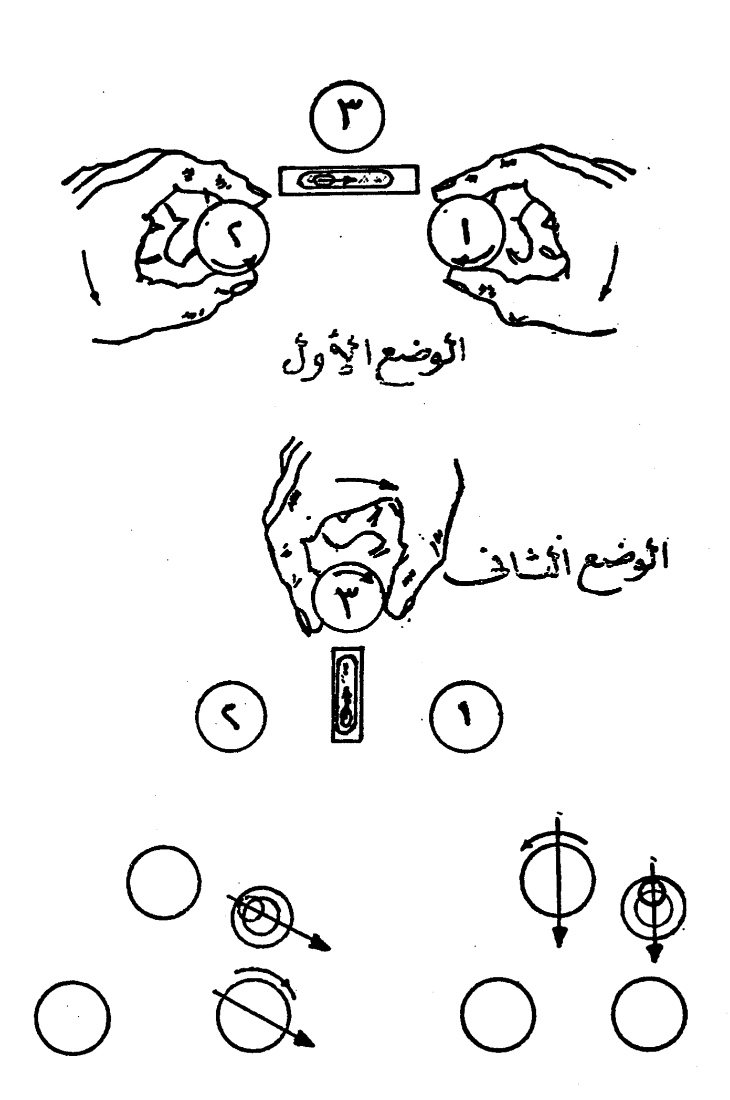
٣- تكرر هذه العملية عدة مرات حتى تصبح الفقيعة في منتصف مجراهـــا في أي وضع .



شكل رقم ( ١١١ )




شكل رقم ( ١١٢ )


٣
٢
١
الوضع الأول
الوضع الثاني
٣
٢
١

## طرق قراءة الزوايا الأفقية والرأسية :

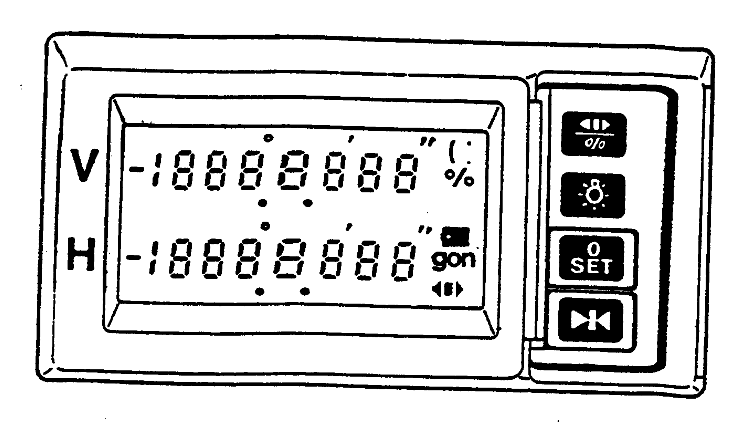
### أولا : في التيودوليت الحديث ( ذو الميكرومتر)

إن أشعة الضوء الخارجي تدخل عن طريق فتحة صغيرة تدور أمامها مرآة حول مفصل ثابت ، ويمكن إدارتها باليد بحيث توضع في وضع يسمح بدخول أكبر مقدار من الضوء إلى الجهاز ، وهذا الضوء يصل إلى الدائرة الأفقية أو الرأسية بعد مروره من المنشورات الخاصة التي تجمع حزمه الأشعة الضوئية وتحفظها من التشتت وتوجهها ناحية الجهة المطلوبة حتى تصل في النهاية إلى الدائرة الأفقية أو الرأسية .

وعندما تصل الأشعة إلى الدائرة الأفقية ، تنعكس عليها نظرا إلى أن سطحها العلوي مفضض كالمرآة وتحمل معها صورة القراءة في هذا الجزء من الدائرة . وقد صمم الجهاز بحيث أن الشعاع الضوئي يصل إلى نقطتين على محيط هذه الدائرة وتقعا على طرفي قطر من أقطارها ، أي أن الشعاع الضوئي بعد انعكاسه على سطح هذه الدائرة يحمل معه قراءتين الفرق بينهما ١٨٠° .

بعد ذلك توجه هذه الحزمة الضوئية بواسطة منشورات أخرى خاصة حتى تصل إلى منظار صغير بجوار المنظار الرئيسي للجهاز . وأثناء سير هذه الأشعة تمر بالميكرومتر ، وفي هذا الميكرومتر توجد قطعتان من الزجاج على شكل متوازي المستطيلات ، وعند مرور الحزمة الضوئية بجهاز الميكرومتر تمر القراءة التي تمثل أحد الطرفين من إحدى الزجاجتين بينما تمر القراءة الأخرى التي تمثل الورنية الثانية على الطرف الآخر من الزجاجة الأخرى . فإذا أدرنا مسمار جهاز الميكرومتر الموجود خارج جهاز التيودوليت فإن صورة القراءة المأخوذة من طرف الدائرة الأيمن تسير إلى جهة اليمين بينما صورة القراءة المأخوذة من الطرف الأيسر تسير إلى اليسار بمقدار متساو في كل منهما .

فإذا أدرنا مسمار الميكرومتر حتى تطبق الخطوط الرأسية لقراءات الدائرة في الصورتين مع بعضهما ، فمعنى ذلك أن كلا من الصورتين تكون قد انتقلت بمقدار يساوي متوسط المسافة بين القراءتين .

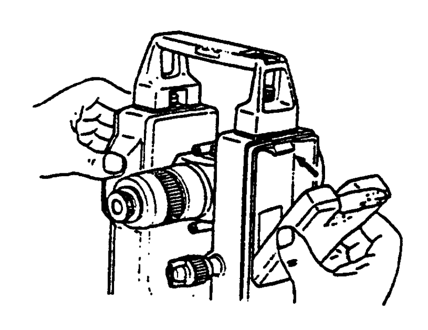


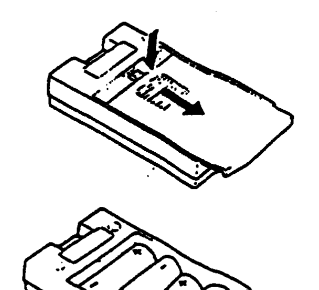

التحويل من التيامن للتياسر والعكس

إضاءة شاشة الجهاز

0 SET — ضبط الزاوية على الصفر

تثبيت قراءة الزاوية على قيمة معينة





بطارية التيودوليت الرقمي

هذا المقدار المتوسط أو القراءة النهائية تظهر بعـد تطـابق الخطـوط الرأسية لقراءات أقسام الدائرة مع بعضها ، وذلك خـلال المنظـار الجـانبي الموازي للمنظار الرئيسي .

وتوجد عدة طرق للقراءة على الدائرة الأفقية والرأسـية بالتيودوليتـات الحديثة ، ومعظمها يعتمد على إيجاد صورتي تدرجين متقابلين علـى قطـر واحد خلال منظار صغير ثم تعيين المتوسط للقراءتين آليـا ، وفـي بعـض الأجهزة يظهر جانب واحد فقط من الدائرة ، كما أنه في بعض الأجهزة نرى إحدى الدائرتين فقط ولتكن الأفقية مثلا ، فإذا أردنا رؤية الـدائرة الرأسـية يجب أن ندير طارة خاصة أو مسمار خاص فتختفي رؤية الـدائرة الأفقيـة وتظهر الدائرة الرأسية ( انظر شكل رقم ١١٤ ) .

**ثانيا : في التيودوليت الرقمي .**

تقرا الزاوية الأفقية H والرأسية V في التيودوليـت الرقمـي مباشـرة بواسطة شاشة إظهار قراءة الزوايا ، وذلك بمجرد توجيـه المنظـار نحـو الهدف وربط مسامير الحركة الأفقية والرأسية ( تابع الشكل رقم ١١٤)

## قياس الأطوال والزوايا تاكيومتريا بالتيودوليت

تعد المساحة التاكيومترية من أهم الطرق الأساسية المتبعة في القياسات الأفقية والرأسية ، ومعنى كلمة التاكيومترية هو القياس السريع ، ويـتلخص موضوع القياس التاكيومتري في تحديد المسافات الأفقية والأبعاد الرأسية بين النقط المختلفة من واقع أرصاد من جهاز يسمى التاكيومتر بطـرق سـريعة وبدقة مقبولة دون اللجوء إلى عملية القياس المباشر .

والتاكيومتر عبارة عن جهاز مجهز بتركيبات خاصة لإيجاد المسـافات والارتفاعات بإجراء بعض العمليات الحسابية ، وفي بعض الأجهـزة يمكـن الحصول على المسافات والارتفاعات بدون عمليات حسابية على الإطلاق أو بعمليات حسابية بسيطة جدا .

ومع التقدم والتطبيق في صناعة الأجهزة المساحية أمكن الحصول على دقة عالية جدا في القياسات التاكيومترية .

أغراض المساحة التاكيومترية بالتيودوليت .

١- قياس أطوال المضلعات ، حيث تحسب أطوال أضلاعها مع قياس الزوايا بين هذه الأطوال من موضع رصد واحد كما هو الحال في استعمال قضيب الأنفار مع التيودوليت الحديث .

٢- التوقيع المبدئي للأعمال الهندسية وتنفيذ القطاعات الطولية ، كما تستعمل في المساحة الهيدروجرافية وفي تعيين معدلات الانحدار للمشاريع الممتدة .

٣- رفع وبيان التفاصيل للمناطق المتسعة كمناطق التشجير ومصدات الرياح ومناطق استصلاح الأراضي .

## أولا : طرق قياس الأطوال تاكيومتريا بالتيودوليت

يمكن استنتاج وتحديد المسافة الأفقية بين النقطة المثبت فوقها التيودوليت وأي نقطة أخرى معلومة ، وكذلك منسوب هذه النقطة الأخيرة بالنسبة لمستوى سطح الجهاز ( أو تحديد فرق المنسوبين ) من واقع المعلومات التالية :

١- الزاوية المقاسة بواسطة الجهاز والمقابلة لمسافة صغيرة معروفة عند النقطة المعلومة ( وهذه الزاوية إما أفقية أو رأسية ويطلق عليها زاوية البرالاكس ) والمسافة الصغيرة تعرف ( بالقاعدة) أو ( المسافة المقطوعة ) وهي تتنوع بتنوع الطرق والأجهزة المستخدمة ، فيمكن أن تكون إما مسافة مقطوعة على قامة رأسية أو مسافة أفقية مقروءة على قامة أفقية عند نقطة الهدف أو على نفس الجهاز .

٢- زاوية ارتفاع أو انخفاض النقطة من موقع الجهاز ، وزاوية البرالاكس يمكن أن تكون ثابتة القيمة أو متغيرة حسب نوع الجهاز والطريقة المستعملة .

والأساس الرياضي للتاكيومترية هو تكوين مثلثات فراغية في مستوى رأسي أو أفقي نحصل منها على المسافة وفرق المنسوب بين طرفي الخط المقياس .

ومن الممكن تقسيم الطرق المستخدمة في التاكيومترية إلى مجموعتين أساسيتين

- المجموعة الأولى ( مجموعة الدقة العالية ) .

وهي الطرق التي تكون فيها القاعدة عند موضع الهدف ، وزاوية البرالاكس عند موضع الرصد ، وتتميز بالدقة العالية جدا ، وتنقسم هذه المجموعة إلى :

أ- طريقة شعرات الاستاديا ( شعرات القياس )

ب- طريقة الظلال .

جـ- طريقة قضيب الانفار

- المجموعة الثانية ( مجموعة الدقة المنخفضة ) .

وهي الطرق التي تكون فيها القاعدة عند موضع الرصد وزاوية البرالاكس عند موضع الهدف ويلاحظ أن هذه الطرق قليلة الدقة وتنقسم إلى :

أ- جهاز التليتوب والأجهزة المشابهة .

ب- جهاز القاعدة المختزلة .

جـ- جهاز تليمتر وجهاز موجد المسافات وجهاز ستريوتليمتر والأجهزة المشابهة ، وبها تكون زاوية البرالاكس متغيرة والقاعدة اما ثابتة أو متغيرة .

وسوف نقتصر هنا على طرق المجموعة الأولى فقط .

## ١- حساب المسافة والبعد الرأسي عن طريق شعرات الاستاديا :

تعتبر طريقة شعرات الاستاديا من أسهل الطرق وأكثرها استعمالا خاصة في الأعمال التفصيلية التي لا تتطلب دقة عالية وأن كانت دقتها محدودة نظرا لتنوع الأخطاء بها .

وفي طريقة شعرات الاستاديا تؤخذ الأرصاد والقراءات اللازمة لتعيين بعد وإرتفاع نقطة بتوجيه منظار الجهاز مرة واحدة إلى قامة رأسية موضوعة فوق هذه النقطة ، ثم تؤخذ قراءتا القامة عند شعرتي الاستاديا ومنها يمكن حساب المسافة بين محور المنظار وموقع القامة ، فإذا وضعت القامة على أبعاد مختلفة من المنظار فإن الجزء المقطوع على القامة والمحصور بين شعرتي الاستاديا يتغير تبعا لذلك ، ويتوقف مقداره على بعد

القامة من الجهاز، وبذا فإن الجزء المقطوع على القامة يعتبر مقياساً للبعد بين القامة والجهاز وزاوية البرالاكس في هذه الحالة ثابتة القيمة .

- **قياس المسافة بين نقطتين خط النظر بينهما أفقيا :**

وهي الحالة التي لا يكون فيها زوايا ارتفاع أو انخفاض ويكون فيها المنظار أفقيا أي أن خط النظر أفقيا (شكل رقم ١١٥) وخطوات قياس المسافة هي الآتي :

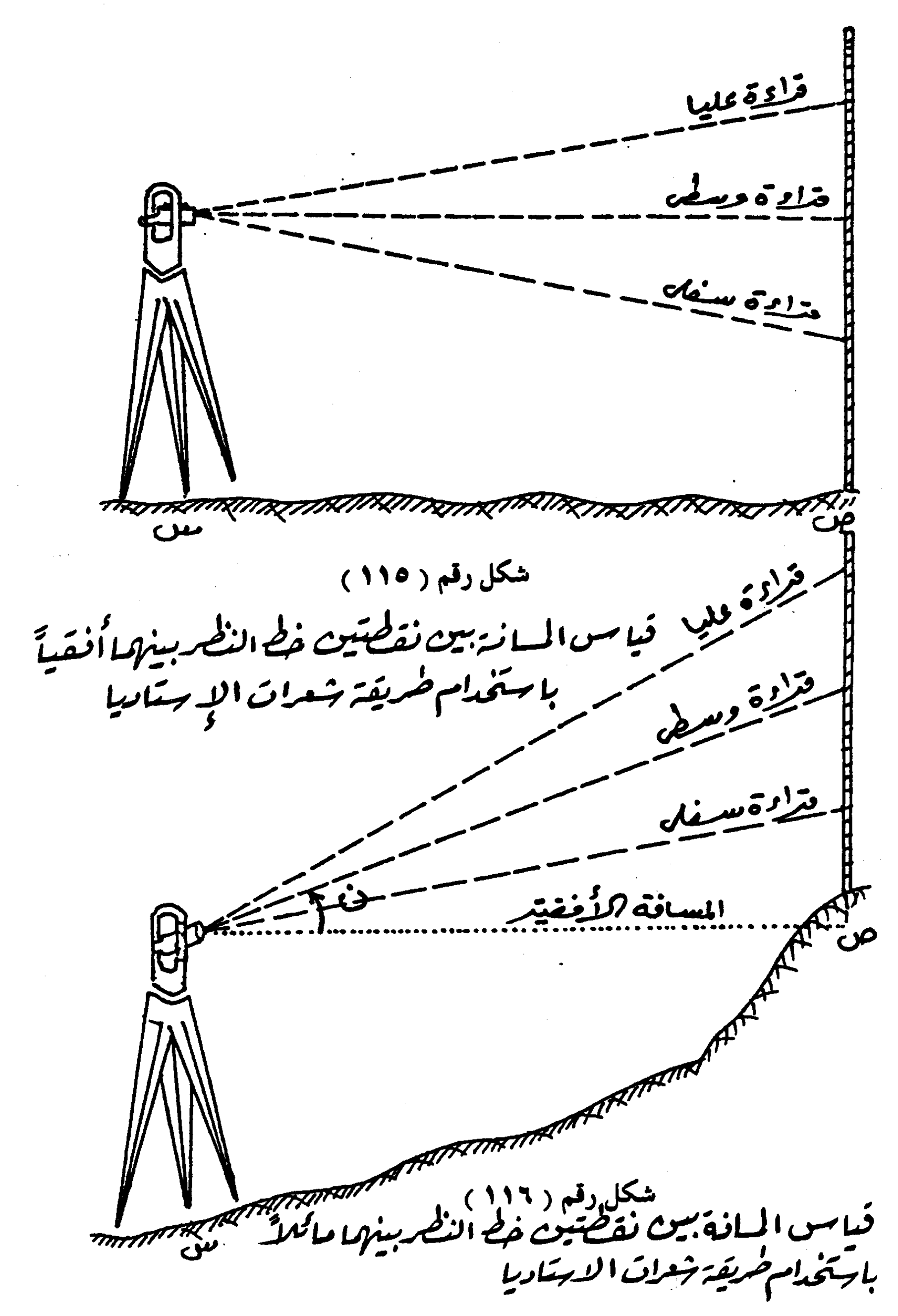
أ- نضع الجهاز فوق حامله قريبا من النقطة س ( مركز الوتد) مع فرد شعبة الثلاث بحيث يكون ارتفاع الجهاز مناسبا .

ب- نحرك شعبتين من شعب حامل الجهاز الثلاثة إلى الداخل أو الخارج في حركة قطرية بالنسبة للوتد حتى إذا ما نظرنا من مركز قمة الحامل المثلثية نرى مركز الوتد المثبت في نقطة الرصد ، ثم نقوم بتعليق خيط الشاغول ونحرك الجهاز كمجموعة واحدة بدون تغير مواضع الشعب النسبية بالنسبة لبعض حتى يصبح سن ثقل الشاغول على بعد سنتيمتر أو اثنين من مركز الوتد ، ونقوم بالضغط على شعب الحامل جيدا داخل الأرض بالقدم. فإذا ما بعد سن ثقل الشاغول نقوم بتحريك الجهاز مرة أخري حتى تقترب من مركز الوتد .

جـ- يضبط التسامت جيدا بجعل سن الشاغول فوق مركز الوتد تماما ، وذلك بفك مسمار أو طارة عند قاعدة الجهاز وتحريكه فوق القاعدة ثم يربط الجهاز جيدا بحامله بربط هذه الطارة أو المسمار ، ويلاحظ أن يكون سن الشاغول على ارتفاع حوالي سنتيمتر واحد تقريبا فوق مركز العلامة .

د- يضبط ميزان التسوية بمسامير التسوية كما يلي :

- يوضع ميزان التسوية موازيا لمسمارين من مسامير التسوية ثم تضبط الفقعة في منتصف مجراها بواسطة هذين المسمارين (كما سبق القول).
- يدار الجهاز ٩٠° حتى يصبح ميزان التسوية في وضع عمودي على الوضع الأول ثم تضبط الفقعة في منتصف مجراها بالمسمار الثالث .




شكل رقم ( ١١٥ )

قياس المسافة بين نقطتين خط النظر بينهما أفقياً باستخدام طريقة شعرات الإستاديا

شكل رقم ( ١١٦ )

قياس المسافة بين نقطتين خط النظر بينهما مائلاً باستخدام طريقة شعرات الاستاديا

- تكرر هذه العملية عدة مرات حتى تصبح الفقعة في منتصف مجراهـا في أي وضع .

ن- ينظر في منظار التسامت فإذا ما بعدت دائرة التسامت عن مركز الوتـد يقوم الراصد بفك الطارة عند قاعدة الجهاز قليلا حتـى يسـهل تحريـك الجهاز فوق القاعدة حتى نرى مركز الوتد داخل دائرة التسامت الصغرى ثم يربط الجهاز .

هـ - نقوم بتكرار هذا العمل حتى يكون التسامت على مركز الوتد وتكـون الفقعة داخل دائرة ميزان التسوية .

و- نقوم بإدارة رأس الجهاز نحو الهدف (ص) بعد أن نتأكد من أن مسـمار الحركة السريعة للجهاز مفتوحا ، وننظر من عينية الاليداد إلى القامـة الموجودة عند نقطة ص حتى تظهر القامة في الاليداد ، ثم نقوم بقفـل مسمار الحركة الأفقية السريعة ، ثم نضبط منتصف القامة على شـعرة الاستاديا الرأسية بمسمار الحركة البطيئة ، بعد ذلك نقوم بجعل المنظار أفقيا تماما عن طريق تحريكه باليد حتى يقترب من الوضـع الأفقـي ، بعد أن نكون قد تأكدنا من أن مسمار الحركة الرأسية السريعة للجهـاز مفتوحا ، ثم نقفل مسمار الحركة السريعة هـذا ، وبمسـمار الحركـة البطيئة يمكننا تحريك الاليداد لأسفل أو لأعلى حتـى تنطبـق قـراءة الزاوية الرأسية ( إذا ما نظرنا من المنظار الصغير المجـاور لمنظـار الرؤية ) على الزاوية ٩٠° أو ٢٧٠° ، ويجرى ضبط الاليـداد حتـى يكون أفقيا تماما بواسطة مسمار الحركة البطيئة بعد أن نكون قد قمنـا بضبط الميكرومتر على الصفر عندما كانت حركة الجهـاز حـرة أي مسمار الحركة السريعة الأفقية والرأسية مفتوحا .

ي- نقوم بقراءة شعرات الاستاديا العليا والوسطى والسفلى ، ويكون الفـرق بين العليا والسفلى هو المقدار (هـ) .

وتكون المسافة الأفقية بين النقطة س والنقطة ص هي :

**ف = هـ × ث + ك**

حيث ث هي الثابت التاكيومتري وهو عادة ما يكون رقما مناسبا (٥٠، ١٠٠ ، ٢٠٠ ) أما ك فهي الثابت الإضافي ويتراوح عادة بين ٣٠ ، ٦٠ سنتيمتر حسب نوع الجهاز .

ومنسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز – قراءة الشعرة الوسطى .

**(مثال ٤٤) أراد أحد الجغرافيين قياس طول الخط أب فوضع جهاز تيودوليت عند نقطة أ وبعد تأكده من صحة عمليتي التسامت والأفقية للجهاز قام بالتوجيه نحو نقطة ب ثم قام بتعيين زاوية أفقية مقدارها ٩٠°، ونظر في عينية الاليداد فوجد أن قراءة الشعرة العليا ٣,٥٤ ، والوسطى ٢,٩٤ ، والسفلى ٢,٣٤ ، فكم يبلغ طول هذا الخط إذا علمت أن ثابت الجهاز ١٠٠ ، ومثبت به عدسة تحليلية .**

**طريقة الإجابة :**

لأن الجهاز به عدسة تحليلية لذلك يكون الثابت الإضافي صفر وتكون المسافة هي : **ف = هـ × ث .**

ف = ( ٣,٥٤ – ٢,٣٤ ) × ١٠٠ = ١٢٠ متر

( العدسة التحليلية هي عبارة عن عدسة إضافية موجبه أحد سطحيها محدب والأخر مستوي وتوضع بين الشيئية وحامل الشعرات بغرض التخلص من الثابت الإضافي في المعادلات السابقة وذلك بجعله مساويا للصفر ، ومن ثم تبسط العمليات الحسابية إلى حد كبير ) .

**( مثال ٤٥ ) أراد أحد الجغرافيين قياس المسافة بين نقطتي أ ، ب كذلك معرفة منسوب النقطة ب فوضع جهاز التيودوليت عند نقطة أ التي يبلغ منسوبها ٥٠ متر ، وبعد تأكده من صحة عمليتي التسامت الأفقية بالجهاز قام بتوجيه نحو نقطة ب وقام بتعيين زاوية أفقية مقدارها ٢٧٠° ، ونظر في عينية الاليداد فوجد أن قراءات الشعرات العليا والوسطى والسفلى هي كالتالي ٣,٩٤ ، ٢,٦٥ ، ١,٣٦ فكم يبلغ طول هذا الخط ومنسوب نقطة ب إذا علمت أن ارتفاع الجهاز ١,٥ متر؛ وان به عدسة تحليلية .**

**طريقة الإجابة :**

لأن الجهاز به عدسة تحليلية تكون المسافة الأفقية هي :

ف = هـ × ث

∴ ف = (٣,٩٤-١,٣٦) × ١٠٠ = ٢٥٨ متر

منسوب النقطة ب=منسوب أ + ارتفاع الجهاز -قراءة الشعرة الوسطى

منسوب النقطة ب= ٥٠ +١,٥-٢,٦٥=٤٨,٨٥ متر

- **قياس المسافة بين نقطتين خط النظر بينهما مائلاً:**

إذا أردنا قياس المسافة وفارق المنسوب بين النقطتين س،ص خط النظر بينهما مائلاً نجرى الخطوات الآتية ( شكل رقم ١١٦ ) :

أ- نجرى الخطوات السابقة حتى النقطة رقم ( هـ) .

ب - نقوم بإدارة رأس الجهاز نحو الهدف ص وننظر من عينية الاليداد نحو القامة الموضوعة عندها حتى تظهر هذه القامة فى الاليداد ، ثم نقفل مسمار الحركة الأفقية والرأسية السريعة ، ثم نضبط منتصف القامة على شعرة الاستاديا الرأسية بمسمار الحركة الأفقية البطيئة ،بعد ذلك نقوم بجعل شعرات الاستاديا الثلاثة الأفقية متقاطعة مع القامة الرأسية عن طريق مسمار الحركة البطيئة الرأسية ،بعد ذلك ننظر إلى قيمة الزاوية الرأسية من منظار القراءات ثم نحرك الميكرومتر الذي تم ضبطه على القراءة صفر حتى تقع الشعرة الوسطى للقراءة الرأسية بين شعرتى نافذة القراءة الرأسية. وبذلك نكون قد قدرنا الزاوية الراسية بالدرجات التى توضحها نافذة القراءة الرأسية و بالدقائق والثواني التى توضحها نافذة الميكرومتر.

جـ- نقوم بقراءة شعرات الاستاديا العليا والوسطى والسفلى ويكون الفرق بين العليا والسفلى هو قيمة (هـ) وثابت الجهاز عادة ما يكون ١٠٠.

وتكون المسافة بين نقطة س،ص هي :

ف=هـ × ث × جتا$^{٢}$ن + ك جتا ن

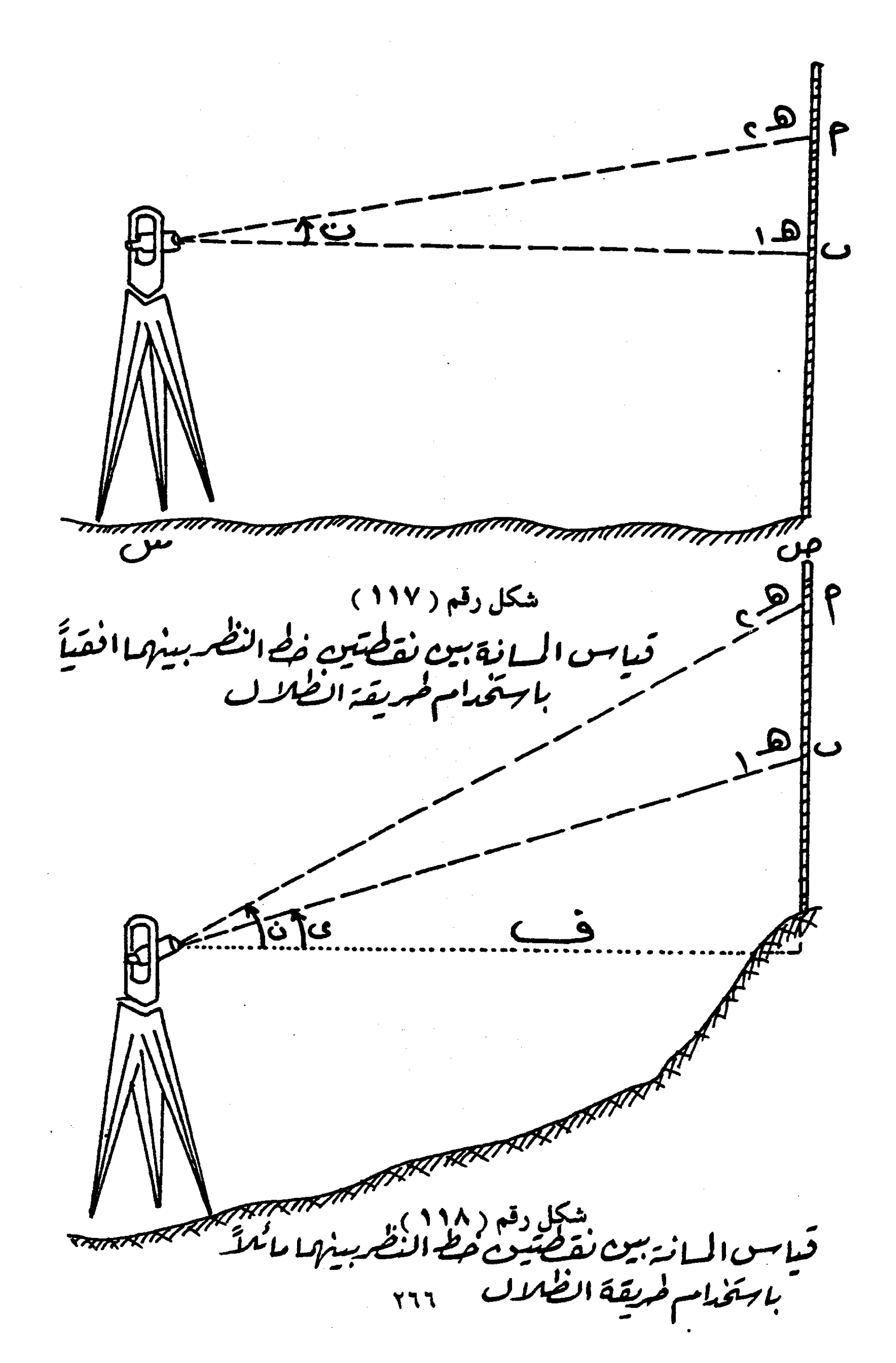
وإذا كان الجهاز مزود بعدسة تحليلية تكون قيمة

ف= هـ × ث × جتا$^{٢}$ ن

ومنسوب نقطة القامة =منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز ± ص- قراءة الشعرة الوسطى

حيث ص= $\frac{١}{٢}$ هـ × ث × جا$^{٢}$ ن + ك جان

أو ص=ف ظا ن




شكل رقم ( ١١٧ )

قياس المسافة بين نقطتين خط النظر بينهما افقياً باستخدام طريقة الظلال

شكل رقم ( ١١٨ )

قياس المسافة بين نقطتين خط النظر بينهما مائلاً باستخدام طريقة الظلال

وتكون ص موجبة إذا كان منسوب نقطة القامة أعلى من منسوب نقطة الجهاز .

وتكون ص سالبة إذا كان منسوب نقطة القامة أقل من منسوب نقطة الجهاز .

(مثال ٤٦) وضع أحد الجغرافيين جهاز تيودوليت عند نقطة أ وبعد تأكده من صحة عمليتي التسامت والأفقية للجهاز قام بتوجيه الاليداد نحو نقطة ب وقام بعملية تقاطع شعرات الاستاديا الثلاثة مع القامة الموجودة عند نقطة ب ثم قام بتعيين الزاوية المائلة بعد ضبطها بالميكرومتر فوجد أنها ٥٠" ٢٣' ٩٨° ثم قام بقراءة شعرات الاستاديا العليا والوسطى والسفلى فوجدها ٣,١٤ ، ٢,٧٥ ، ٢,٣٦ على الترتيب فكم يبلغ طول الخط أب ، مع العلم أن الجهاز مزود بعدسة تحليلية ، وما هو منسوب نقطة ب إذا علمت أن ارتفاع الجهاز ١,٥ متر ومنسوب نقطة أ (٥٠) متر .

طريقة الإجابة :

- ف = هـ × ث × جتا$^{٢}$ ن

∴ ف = (٣,١٤ – ٢,٣٦ )× ١٠٠ جتا$^{٢}$ ( ٥٠" ٢٣' ٩٨° – ٩٠° )

ف = ٧٦,٣٤ متر

- منسوب نقطة ب = منسوب نقطة أ + ارتفاع الجهاز ± ص – قراءة الشعرة الوسطى

منسوب نقطة ب = ٥٠ متر + ١,٥ ± ص – ٢,٧٥ م

ص= ف ظا ن = ٧٦,٣٤ × ظا ٥٠" ٢٣' ٨° = ١١,٣ متر

ولأن الزاوية أكبر من ٩٠° إذن نقطة القامة أعلى من نقطة الجهاز .

ويكون منسوب نقطة ب = ٥٠ متر + ١,٥ + ١١,٣ – ٢,٧٥

= ٦٠,٠٥ متر

( مثال ٤٧) وضع جهاز تيودوليت عند نقطة أ ومنسوبها ٥٠ متر وبعد ضبط الأفقية والتسامت وجه الاليداد إلى نقطة ب فكانت قراءة الزاوية بعد ضبط الميكرومتر ١٠" ١٤' ٨٠° وقراءة الشعرات العليا والوسطى والسفلى هي ٣,٨٥ ، ٢,٦٦ ، ١,٤٧ م ، أحسب طول الخط أب ومنسوب النقطة ب إذا علمت أن ارتفاع الجهاز ١,٦ متر .

طريقة الإجابة :

- ف = هـ × ث × جتا$^{٢}$ ن

∴ف = ( ٣,٨٥ – ١,٤٧ ) × ١٠٠ × جتا$^2$ ( ٩٠° – ١٠ً ١٤َ ٨٠°)

ف = ٢٣١,٢ متر

- منسوب نقطة ب = منسوب نقطة أ + ارتفــاع الجهــاز ± ص – قــراءة الشعرة الوسطى .

ولأن الزاوية أقل من ٩٠° إذن نقطة ب أو نقطة القامة أقل من نقطة الجهــاز .

ص = ف ظان = ٢٣١,٢ ظا ٥٠ً ٤٥َ ٩° = ٣٩,٨ متر

ويكون منسوب نقطة ب = ٥٠ متر + ١,٦ – ٣٩,٨ – ٢,٦٦ = ٩,١٤ متر

## ٢- حساب المسافة الأفقية والبعد الرأسي عن طريق الظلال :

يمكن في هذه الطريقة تعيين المسافة الأفقية والبعد الرأســي باســتعمال التيودوليت العادي والأرصاد المطلوبة هي الزاوية الرأسية التي رأسها عنــد الجهاز ووترها مسافة معلومة بين هدفين ثابتين على قامة أو شاخص ، وهذا يتطلب توجيه المنظار مرتين على القامة الموضوعة رأســيا فــوق النقطــة المطلوب إيجاد بعدها وتقرأ الشعرة الوسطى على القامــة وقيمــة الزاويــة الرأسية في كل مرة .

- **قياس المسافة بين نقطتين خط النظر بينهما أفقيا .**

نأخذ نظرة أفقية من الجهاز إلي نقطة القامة بعد ضــبط نافــذة قيــاس الزاوية الرأسية والميكرومتر على القراءة ٠٠ً ٠٠َ ٩٠° أو القــراءة ٠٠ً ٠٠َ ٢٧٠° ثم نظرة مائلة إلى أعلى أو إلى أسفل على القامة حسبما تســمح بــه طبيعة الأرض ، نعين زاوية الارتفاع أو الانخفاض بطــرح الزاويــة ٩٠ أو ٢٧٠° من الزاوية الناتجة .

نفرض أن ب القراءة على القامة وخط النظر أفقي ( شكل رقم ١١٧) .

أما أ فهي القراءة على القامة وخط النظر مائل بزاوية معلومة

$$\text{المسافة الأفقية} = \frac{\text{قراءة أ} - \text{قراءة ب}}{\text{ظا ن}} = \frac{\text{هـ}}{\text{ظا ن}}$$

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز – قــراءة الشعرة الوسطى عندما كان المنظار أفقيا .

- قياس المسافة بين نقطتين خط النظر بينهما مائلا :

نأخذ نظرة مائلة من الجهاز إلى نقطة القامة بعد ضبط نافذة الميكرومتر على الصفر ونعين القراءة على القامة ونسجل زاوية الميل في الحالة الأول ، ثم تغير زاوية الميل وندون القراءة الناتجة على القامة ونسجل زاوية الميــل في الحالة الثانية ( شكل رقم ١١٨) .

$$\text{وتكون المسافة الأفقية} = \frac{\text{قراءة أ} - \text{قراءة ب}}{\text{ظا ن} - \text{ظا ي}} = \frac{\text{هـ}}{\text{ظا ن} - \text{ظا ي}}$$

حيث ن هي الزاوية الأكبر أما ي فهي الزاوية الأصغر .

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز ± ص – قراءة الشعرة الوسطى

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز ± ف ظان – قراءة أ

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز+ارتفاع الجهاز ± ف ظاي– قراءة ب

**( مثال ٤٨) وضع جهاز في نقطة س ورصدت قامة عند نقطة ص وكانــت قراءة الشعرة الوسطى ١,٨٠ عندما كان الاليداد أفقيا تماما ، وعندما أميل المنظار حتى أصبحت الزاويــة ٤٠ً ٥٣َ ١٠٢° أصــبحت قــراءة الشــعرة الوسطى ٣,٨٠ متر ، فما هي المسافة الأفقية س ص وما منســوب ص إذا كان منسوب س = ٩٠,٣ متر وارتفاع الجهاز ١,٦٥ متر ؟**

**طريقة الإجابة :**

$$\text{ف} = \frac{\text{هـ}}{\text{ظا ن}} = \frac{٣,٨٠ - ١,٨٠}{\text{ظا } (٤٠ً\ ٥٣َ\ ١٠٢° - ٩٠°)} = ٨,٧ \text{ متر}$$

منسوب النقطة ص = منسوب النقطة س + ارتفاع الجهاز – قراءة الشعرة عندما كان المنظار أفقيا .

منسوب النقطة ص = ٩٠,٣ + ١,٦٥ – ١,٨ = ٩٠,١٥ متر

**( مثال ٤٩) وضع جهاز في نقطة أ وكانت زاويتا ارتفاع نقطتين على القامة عند ب هما ٩٢° ٢٤′ ، ٩٦° ٤٦′ عندما كانت قراءة القامة ٠,٦٠ ، ٣,٦ مترا على الترتيب ، ما هي المسافة الأفقية أ ب وما منسوب ب إذا كان منسوب أ = ١٠٠ متر وارتفاع الجهاز ١,٥٩ متر .**

**طريقة الإجابة :**

زاوية الارتفاع في الحالة الأولى = ٩٢° ٢٤′ – ٩٠° = ٢° ٢٤′

زاوية الارتفاع في الحالة الثانية = ٩٦° ٤٦′ – ٩٠° = ٦° ٤٦′

ف = (٣,٦ – ٠,٦) / (ظا ٦° ٤٦′ – ظا ٢° ٢٤′) = ٣ / ٠,٠٧٦٧ = ٣٩,١١ متر

ص = ف ظا ن = ٣٩,١١ ظا ٦° ٤٦′ = ٤,٦ متر

منسوب ب = منسوب أ + ارتفاع الجهاز ± ص – قراءة الشعرة الوسطى الثانية

منسوب ب = ١٠٠ + ١,٥٩ + ٤,٦ – ٣,٦ = ١٠٢,٥٩ متر

ويمكن حساب المنسوب عن طريق الزاوية ي حيث ص :

= ف ظا ي = ٣٩,١١ × ظا ٢° ٢٤′ = ١,٦٣ متر

منسوب ب = منسوب أ + ارتفاع الجهاز ± ص – قراءة الشعرة الوسطى الأولى

منسوب ص = ١٠٠ + ١,٥٩ + ١,٦٣ – ٠,٦ = ١٠٢,٦ متر

## ٣- حساب المسافة الأفقية والبعد الرأسي عن طريق قضيب الأنفار

تعتبر طريقة قضيب الأنفار من أهم الطرق التاكيومترية لتعدد مزاياها وتنوع استعمالاتها ، ويمكن قياس مسافات بهذه الطريقة حتى ٩٠٠ متر ، وأساس هذه الطريقة هو قياس زاوية البرالاكس المحصورة بين طرفي

القضيب ذي طول معين موضوع أفقيا عند أحد طرفي الخط ، ويتم قياس هذه الزاوية بواسطة التيودوليت عند الطرف الآخر للخط .

ويتركب قضيب البرالاكس من ذراعين كل منهما عبارة عن أنبوبه من الصلب مفرغة طولها مترا واحدا تقريبا ( شكل رقم ١١٩) ، ويربطها عند أحد طرفيهما مفصلة وعند الطرف الآخر قرصان زجاجيان بهما علامتان مثلثتان الشكل بداخل كل منهما زوجان من الخطوط ، أحد هذين الزوجين عبارة عن خطين سميكين للرصد البعيد والزوج الآخر خطين رفيعين للرصد القريب ، كما يوجد بداخل كل من المثلثين دائرة صغيرة أو فتحة مغطاة بزجاج أحمر اللون للرصد عليه ليلا ، ويمكن رؤية العلامتين بوضوح حتى على بعد ٧٠٠ متر ، والمسافة بين هاتين العلامتين ٢ متر تماما ، والذراعان يمكن طيهما على بعض أو فتحهما على استقامة واحدة عند الاستعمال ،وبداخل كل ذراع سلك من الأنفار أحد طرفيه مثبت في طرف الأنبوبة عند المفصلة والطرف الثاني مشدود إلى الخارج بواسطة زنبرك ، وبذا تظل المسافة بين العلامتين ثابتة وتساوي مترين تماما إذا تمددت الأنبوبة أو انكمشت نتيجة لتغير درجة الحرارة ، وعند منتصف القضيب مثبت منظار صغير محوره البصري متعامد مع الخط الواصل بين علامتي الرصد ، وبواسطة هذا المنظار نجعل القضيب متعامدا على الخط المراد قياسه .

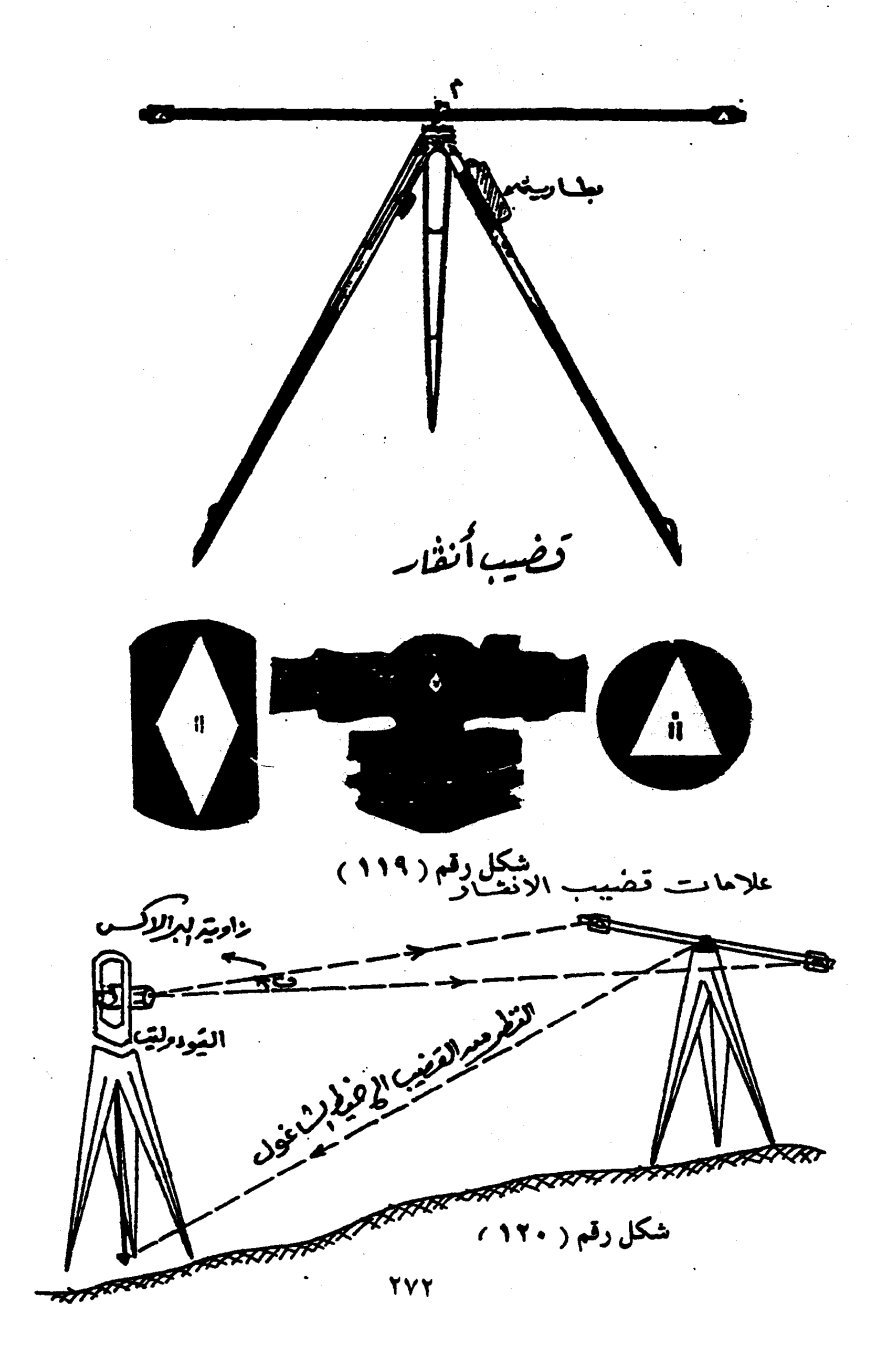
**طريقة القياس :**

لقياس مسافة ما بقضيب الأنفار نجرى الخطوات الآتية :

١- نثبت القضيب جيدا فوق حامله مسامتا أحد طرفي الخط المراد قياسه وليكن نقطة ص بواسطة خيط وثقل الشاغول مع جعله أفقيا بالتقريب .

٢- نفتح ذراعي القضيب على استقامة واحدة ثم نجعله أفقيا تماما بواسطة مسامير التسوية وميزان التسوية الدائري المثبت فوق الحامل ، ومن ثم يكون الخط الواصل بين علامتي الرصد أفقي تماما .

٣- نقوم بإدارة قضيب الأنفار حول محوره الرأسي حتى نرصد من المنظار الصغير خيط الشاغول المثبت في حامل التيودوليت فوق نقطة س والمسامت لها وبذلك يمكن القياس بقضيب البرالاكس ( شكل رقم ١٢٠ ) .




شكل رقم ( ١١٩ )

علامات قضيب الانتشار

شكل رقم ( ١٢٠ )

٤- نوجه التيودوليت ( من الوضع المتيامن ) إلى العلامة التـي تقـع علـى الذراع الأيسر ونقرأ الدائرة الأفقية ثم نرصد العلامة اليمنى ونقرأ الدائرة الأفقية مرة أخرى ، وبطرح القراءتين نحصل على زاويـة البـرالاكس وتكون المسافة الأفقية ف هي :

ف = ١/٢ × هـ ظتا ن/٢

حيث ن هي زاوية البرالاكس .

هـ هي طول قضيب البرالاكس وتساوي ٢ متر

ولأن ١/٢ هـ = ١ متر لذلك يمكن إلغائها

وتكون ف = ظتا ١/٢ ن

وتتوقف دقة القياس بقضيب الأنفار على عاملين أساسين هما

١- درجة دقة قياس زاوية البرالاكس وهي تتوقف على دقة التيودوليت وعدد مرات الرصد .

٢- درجة تعامد قضيب الأنفار على الخط المقاس .

بالإضافة إلى استخدام قضيب الأنفار في حساب المسافة بـين هـدفين يمكن عن طريقة معرفة منسوب نقطة ص ( نقطة قضيب الأنفار ) بمعلومية منسوب نقطة س ( نقطة التيودوليت )

حيـث أن منسـوب نقطـة القضـيب = منسـوب نقطـة جهـاز التيودوليت + ارتفاع التيودوليت ± ص - ارتفاع حامل قضيب الأنفار .

**( مثال ٥٠ ) لقياس المسافة بين نقطتي س ، ص وضع جهاز تيودوليـت عند نقطة س ومنسوبها ٦٠م ، ووضـع قضـيب أنفـار ارتفـاع حاملـه ١,١ متر عند نقطة ص ورصدت زاوية البرالاكس فوجدت إنهـا تسـاوي ٤٠" ١٢' ٥٣° وذلك بعد تصفير الزاوية الأفقية عند العلامة اليسرى ، فـإذا علمت أن ارتفاع جهاز التيودوليت ١,٦٥م ، فإحسب المسافة بين الهدفين ، كذلك منسوب نقطة ص ، إذا علمت أن زاوية الارتفاع مـن الجهـاز إلـى المنشور بقضيب البرالاكس تساوي ٤٣" ٥٢' ١٣° .**

**طريقة الإجابة :**

ف = ظتا $\frac{١}{٢}$ ن   حيث ن هي زاوية البرالاكس

∴ ف = ظتا $\frac{١}{٢}$ ( ٤٠ً ١٢َ ٥٣° )

∴ ف = ٣٥,٧ م

ص = ف ظا ن   حيث ن في هذه الحالة هي الزاوية الرأسية

∴ ص = ٣٥,٧ × ظا ٤٣ً ٥٢َ ٥١٣° = ٨,٨ م.

منسوب نقطة القضيب = منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع التيودوليت ± ص – ارتفاع حامل قضيب الأنفار

∴ منسوب نقطة القضيب = ٦٠ + ١,٦٥ + ٨,٨ – ١,١ = ٦٩,٣٥ متر

## ثانيا : استعمال التيودوليت في قياس وتوقيع الزوايا الأفقية :

لقياس زاوية أفقية مثل س ص ع ( شكل رقم ١٢١) نجرى الخطوات الآتية :

أ- نضع الجهاز فوق رأس الزاوية (ص) نجرى عملية الأفقية والتسامت .

ب- يضبط الجهاز بحيث يكون في الوضع المتيامن بأن يكون قرص الزوايا الرأسية إلى يمين الراصد .

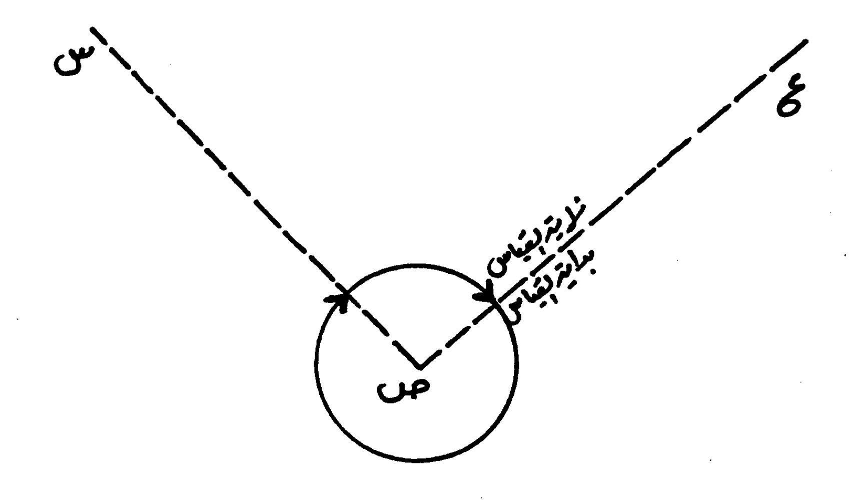
جـ- من وضع الحركة السريعة نوجه على الوتد الذي يحدد نهاية ضلع الزاوية الأيسر وليكن نقطة س ، وبمسمار الحركة البطيئة نحرك المنظار بحيث تقطع الشعرة الرأسية رأس المسمار الموجود أعلى الوتد .

د- من خلال منظار قراءة الزاوية الأفقية وباستخدام مسمار ضبط القراءات تضبط قراءة الزاوية الأفقية على الصفر .

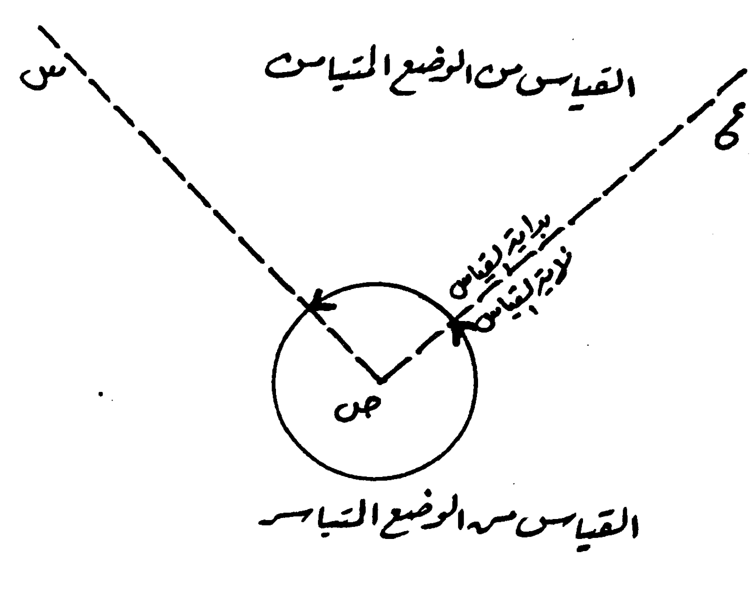
ن- يسمح بحركة الجهاز حركة سريعة ونوجه على الوتد الموجود في النقطة ع وتضبط الشعرة الوسطى على رأس المسمار الموجود أعلى الوتد .

هـ- يتم قراءة الزاوية الأفقية من خلال منظار قراءة الزاوية ، وبذلك يتم قياس الزاوية بين الضلعين في الوضع المتيامن .

و- نحرك الجهاز ونوجهه إلى نقطة س ونكون بذلك قد قفلنا الأفق ويكون عندنا زاويتان في الوضع المتيامن زاوية داخلية عند ص وزاوية خارجية عند نفس النقطة .




القياس من الوضع المتيامن




القياس من الوضع المتياسر

شكل رقم ( ١٢١ )

ي- يسمح بحركة المنظار حركة رأسية ويقلب ، ويحرك الجهاز حركة أفقية في اتجاه عقارب الساعة حتى تكون الدائرة الرأسية على يسار الراصد وبذلك يكون الجهاز في الوضع المتياسر ، ثم نوجه ثانية على نقطة س وتسجيل القراءة وعادة ما يكون الفرق بينهما ( بين القراءة للمتيامن والمتياسر ) ٥١٨٠ ثم يعاد التوجيه إلى الهدف الأول ع في اتجاه ضد عقرب الساعة وبذلك يتم قياس نفس الزاوية في الوضع المتياسر ، ثم نقفل الأفق مرة أخرى ، ويكون عندنا زاويتان لـ ص في الوضع المتياسر الأولى داخلية والأخرى خارجية ، نقوم بعد ذلك بتصحيح هذه الزوايا والمثال التالي يوضح ذلك .

( مثال ٥١) : وضع تيودوليت عند نقطة أ وأخذت الأرصاد الآتية عندما وجه الاليداد نحو النقط ب ، جـ ، د ، ب والمطلوب حساب الزوايا المصححة .

جدول رقم (٣٦)

| الجهاز عند | إلى | قراءة الدائرة الأفقية في الوضع المتيامن | | | قراءة الدائرة الأفقية في الوضع المتياسر | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | ب | ٠٠ | ٠٠ | ٥٠٠ | ٢ | ٥٩ | ٥١٧٩ |
| | جـ | ٤٧ | ٢١ | ٧٢ | ٨ | ١٦ | ٢٥٢ |
| | د | ٠٠ | ٥٥ | ٢٥١ | ٠٤ | ٠٠ | ٧٢ |
| | ب | ٠٠ | ٥٥ | ٣٥٩ | ٠٠ | ٥٣ | ٥١٧٩ |

خطوات الحل

١- نكون الجدول رقم (٣٧ )

٢- في العمود الأول ( عمود المتوسط ) ننقل قيم درجات الاتجاهات المرصودة بالوضع المتيامن إلى هذا العمود ثم نقوم بحساب متوسط الدقائق والثواني في الوضعين المتيامن والمتياسر وننقلهما بجانب قيم درجات الاتجاهات المرصودة بالوضع المتيامن .

٣- في العمود الثاني (٢) نأخذ الاتجاه الأول كاتجاه مقارن مقداره صفر فطرحنا الاتجاه الأول عمود (١) من جميع الاتجاهات في هذا العمود لنحصل على قيم عمود الاتجاهات رقم (٢) .

## جدول رقم (٣٧)

| الجهاز | النقطة | المتيامن | المتياس | المتوسط | الاتجاه | التصحيح | الاتجاه المصحح | الزاوية |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ا | ب | ٤٠″ ٠٠′ ٠٠° | ٢″ ٥٩′ ١٧٩° | ٣١″ ٢٩′ ٠٠° | ٤٠″ ٠٠′ ٠٠° | ٠٠ | ٤٠″ ٠٠′ ٠٠° | |
| | | | | | | | | ٢٧ ١ ٧٢° |
| | ﺟ | ٤٧ ٢١ ٧٢ | ٩ ١٦ ٢٥٢ | ٥٨ ١٨ ٧٢ | ٢٧ ٤٩ ٧١ | ١٢ + | ٢٧ ١ ٧٢ | |
| | | | | | | | | ٣٤ ٢٠ ١٧٩° |
| | د | ٠٠ ٥٥ ٢٥١ | ٠٤ ٠٠ ٧٢ | ٣٢ ٢٧ ٢٥١ | ٠١ ٥٨ ٢٥٠ | ٢٤ + | ١ ٢٢ ٢٥١ | |
| | | | | | | | | ٥٩ ٣٧ ١٠٨° |
| | ب | ٠٠ ٥٥ ٣٥٩ | ٠٠ ٥٣ ١٧٩ | ٠٠ ٥٤ ٣٥٩ | ٠٠ ٢٤ ٣٥٩ | ٣٦ + | ٠٠ ٠٠ ٣٦٠ | |

٤- في العمود الثالث (٣) نضع قيمة التصحيح لكل اتجاه بإشارة مخالفة لإشارة مقدار الخطأ الكلي ( وهو عبارة عن الفارق بين آخر اتجاه وقيمة الدائرة الكاملة ٣٦٠° ) .

قيمة الخطأ الكلي بإشارة مخالفة

التصحيح لكل اتجاه = ———————————

عدد الاتجاهات – ١

وفي هذا المثال يكون مقدار التصحيح لكل اتجاه كالتالي

٣٥٩° ٢٤َ – ٣٦٠°

التصحيح لكل اتجاه = ——————— = – ١٢َ تحول إلى+١٢َ

٣

الاتجاه الأول لا يضاف أو يطرح منه أي مقدار وتبقى ( ٠٠ً ٠٠َ ٠٠° ) .

الاتجاه الثاني = ١ × ( + ١٢َ ) = + ١٢َ

الاتجاه الثالث = ٢ × ( + ١٢َ ) = + ٢٤َ

الاتجاه الرابع = ٣ × ( + ١٢َ ) = + ٣٦َ

٥- بطرح كل اتجاه من الذي يليه نحصل على الزوايا بين الاتجاهات كما هو مبين في العمود (٥) وكتحقيق للعمل الحسابي يتم جمع هذه الزوايا ويجب أن يكون المجموع مساويا ٣٦٠° .

### أوقات الرصد للزوايا بالتيودوليت :

إن الجو عادة يكون أوضح في الصباح والغروب وبذا فإن هذه الأوقات تكون مناسبة لرصد الزوايا الأفقية . ولكن نظرا إلى أن الانكسار الجوي في الشروق والغروب يتغير بسرعة ، لذا يحسن قياس الزوايا بعد وقت الشروق بساعة على الأقل وقبل وقت الغروب مع مراعاة عدم الرصد في وقت الظهيرة حيث يبلغ الانكسار أقصاه .

### مصادر الأخطاء في قياس الزوايا

توجد عدة مصادر للأخطاء أثناء رصد الزوايا ( الأفقية أو الرأسية ) بالتيودوليت أهمها :

أ- مصادر شخصية :

١- عدم الدقة في تسامت الجهاز فوق النقط المطلوب الرصد منها .

٢- عدم الدقة في تطبيق حامل الشعرات على الهدف تماما .

٣- ميل إشارة الرصد عند الهدف وعدم الرصد على أسفلها .
٤- عدم الدقة في تدوين القراءات .

ب- مصادر طبيعية :

وهي تنشأ عادة من تأثير العوامل الجوية وأهمها :

١- تأثير الرياح الذي يتسبب في اهتزاز الجهاز وعدم استقراره .
٢- تأثير فرق درجات الحرارة التي تسبب تمدد غير منتظم في أجزاء الجهاز كما أنها تؤثر على قيمة معامل الانكسار ( الرأسي والأفقي ) .

جـ - أخطاء آلية :

معظمها ينصب على أخطاء التيودوليت مثل خطأ الصفر وعدم ضبط ميزان التسوية الخاص بالدائرة الرأسية وكذلك الخطأ في تدريج القامة نتيجة لتمددها أو انكماشها وهذا يمكن إهماله في الأعمال العادية ، ولكن في الأعمال الدقيقة يجب معايرة القامة وإجراء التصحيح اللازم في القراءات .

**الخطأ المسموح به :**

١- في حالة الترافيرس السريع الطويل في منطقة وعرة ونظرات طويلة متعددة والزوايا مقروءة إلى دقائق ولكن بدون دقة كبيرة .

خطأ القفل المسموح به في الأضلاع = ٥ متر لكل كيلو متر

خطأ القفل في المناسيب = ٦٠ سم لكل كيلومتر

٢- كما في الحالة (١) ولكن في منطقة ممهدة أو الزوايا الرأسية الصغيرة خطأ القفل في المناسيب بالقدم = ٠,٥ $\sqrt{\text{المسافة بالميل}}$

**خطوات الرفع المساحي بالتيودوليت :**

المساحة بالترافيرس إحدى طرق المساحة المستوية لرفع الأراضي وفيها نعين نقط المضلع بقياس الخطوط والزوايا الأفقية بينها ، وقد يستعمل ترافيرس البوصلة أو البانتومتر أو السكستان في بعض الأعمال التي لا تتطلب دقة كبيرة ، ثم نرسم المضلع ونعمل التحشية عليه .

والمساحة بترافيرس التيودوليت تعد أدق أنواع المساحة ، وهي تستعمل في الأعمال التي تحتاج إلى دقة كبيرة وفي مساحة المدن ، وفي المناطق المليئة بالمباني . والأدوات اللازمة للمساحة بترافيرس التيودوليت هي نفس

أدوات المساحة بقياس الأطوال مع استعمال الشريط الصلب ، بالإضافة إلى جهاز التيودوليت نفسه . ويجب العناية في تسجيل الأرصاد في الطبيعة ، سواء أكانت طولية أو زاوية ، كما يجب أن يقاس كل طول مرتين على الأقل في اتجاهين متضادين ، بالشريط الصلب

ولإتمام رفع منطقة باستخدام التيودوليت نتبع الخطوات الآتية .

## ١- عمل كروكي عام للمنطقة :

من المتبع دائما قبل رصد زوايا المضلعات وقياس أطوال أضلاعها ، أن نرسم كروكي عام للمضلع بمقياس رسم مناسب في دفتر الغيط ، ونحدد على الكروكي الزوايا والأطوال المراد قياسها . كما يراعى أيضا تدوين قيم الزوايا في مواضعها الصحيحة على الكروكي بعد عمل المتوسطات والتصحيحات اللازمة في جدول الزوايا . ويجب أن يقاس كل ضلع مرتين ذهابا وإيابا ويكتب الطول المتوسط على الكروكي وهذا الكروكي يكون بمثابة مرجع لعمل الغيط وتحقيقه .

وفي الترافيرسات العادية يكتفي بقياس الزوايا على قوس واحد فقط متيامن ومتياسر مع قراءة الورنيتين أو الميكرومتر .

والزوايا المرصودة إما أن تكون الزوايا الداخلية أو الزوايا الخارجية ويفضل في الغالب قياس الزوايا الداخلية .

## ٢- تحديد مواضع رؤوس المضلعات :

بالرجوع إلى الكروكي العام للمنطقة ومواقع النقط المختارة ، يشكل الهيكل العام لرفع المنطقة إما على شكل مضلع مقفل( ترافيرس) تكون نقطة الابتداء فيه هي نقطة الانتهاء ، وإما على شكل مضلع موصل إذا ما تيسر وجود نقط ترافيرسات سابقة في المنطقة وخطوط في ترافيرسات قديمة ، وإما على شكل شبكة من الترافيرسات تتكون من مجموعة من الحلقات المقفلة أو الحلقات الموصلة أو الحلقات المقفلة والموصلة معا حسب الحاجة وحسب ما هو موجود في الموقع من نقط وخطوط ربط قديمة .

ويفضل استخدام المضلعات المقفلة في رفع المباني في القرى والمدن وفي رفع المستنقعات وغير ذلك من المناطق المقفلة التي يمكن إحاطتها بمضلع . وعندما تكون المنطقة المرفوعة كبيرة فتشكل شبكة ترافيرسات مكونة من أكثر من مضلع مقفل

وتبعا لتحديد رؤوس المضلع قد تتخذ المضلعات أ الترافيرسات الأشكال الآتية :

أ- الترافيرس المقفل : (Closed Traverse)

هو ما كانت نقطة الابتداء فيه هي نقطة الانتهاء مثل المضلع أ ب جـ د أ ويفضل هذا النوع في رفع المباني والقرى والمدن وفي رفع المستنقعات وغير ذلك من المناطق المقفلة التي يمكن إحاطتها بمضلع . هذا النوع يسهل تحقيقه في الحقل وفي المكتب (شكل ١٢٢ أ ) .

ب- الترافيرس الموصل :

وفيه تكون نقطتي البداية و النهاية ( أي طرفي الترافيرس ) نقط ثابتة معلوم احداثياتها في مضلعات أو شبكات مثلثية وضلعا الترافيرس الأول والأخير مربوطين على اتجاهين معلومين ( شكل ١٢٢ ب ) .

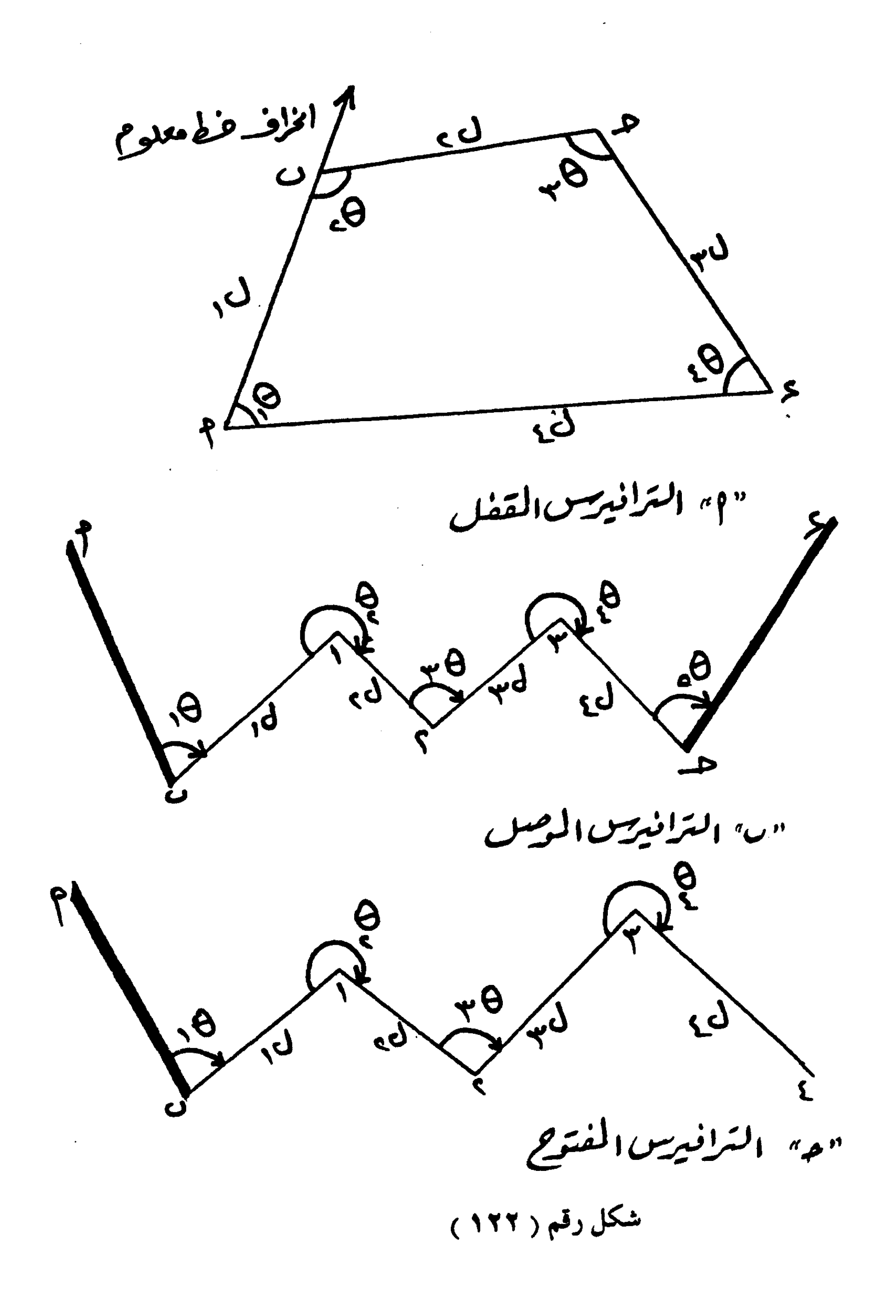
جـ - الترافيرس المفتوح :

وفيه تكون نقطتي البداية والنهاية نقط غير معلوم احداثيتها ، هذا النوع يقل استخدامه نظرا لعدم الثقة به ( شكل رقم ١٢٢ جـ ) .

### ٣- قياس الزوايا الداخلية في المضلع وأطوال الأضلاع :

من المتبع دائما قبل رصد زوايا المضلعات وقياس أطوال أضلاعها أن نرسم كروكي عام للمضلع بمقياس رسم مناسب في دفتر الغيط ونحدد على الكروكي الزوايا والأضلاع المراد قياسها ، وهذا الكروكي يكون بمثابة مرجع لعمل الغيط وتحقيقه ، وفي الترافيرسات العادية يكتفي بقياس الزوايا بالتيودوليت على قوس واحد فقط متيامن ومتياسر مع قراءة الورنيتين وقفل الأفق ( طريقة الاتجاه ) ، وبذلك تكون الزوايا المرصودة عند كل نقطة في المضلعات المقفلة هي الزاوية الداخلية والزاوية الخارجية والتي مجموعهما يساوي ٣٦٠° .

أما الأطوال للأضلاع فتقاس بالشريط الصلب مرتين على الأقل في اتجاهين متضادين للتحقيق ، مع مراعاة إجراء التصحيحات اللازمة لفرق الارتفاع أو الترخيم أو الميل أو التغير في درجات الحرارة إن وجدت .



انحراف خط معلوم
"م" الترافيرس المقفل
"ب" الترافيرس الموصل
"جـ" الترافيرس المفتوح


شكل رقم ( ١٢٢ )

٤- تعيين انحراف أحد الخطوط في المضلع :

عن طريق البوصلة المرفقة بالتيودوليت يمكن تحديد الانحراف المغناطيسي لأحد الأضلاع في الترافيرس وعن طريق هذا الانحراف والزوايا الداخلية بين الأضلاع يمكن حساب انحرافات جميع أضلاع الترافيرس من اتجاه الشمال المغناطيسي ، وإذا ما عرفنا زاوية الاختلاف المغناطيسي في المكان الذي يقع فيه الترافيرس يمكن حساب انحرافات جميع الأضلاع عن الشمال الحقيقي .

٥- تحشية التفاصيل :

يتم عمل التحشية للتفاصيل إما من خطوط المضلع وباستخدام ما أتبع في الرفع بقياس الأطوال ، أو تتم التحشية من نقط المضلع وبالتيودوليت وذلك بقياس الزاوية الأفقية بين الخط الواصل بين النقطة المراد تحشيتها ونقطة المضلع ، وبين أحد خطوط المضلع المار بنقطة الرصد ، على أن تقاس المسافة بين نقطة الرصد والنقطة المحشاه .

كما أنه يمكن إجراء التحشية للنقطة الواحدة من نقطتين من نقط المضلع وذلك بقياس الزوايا المحصورة بين خط الترافيرس الواصل بين النقطتين والخطين من نقط الترافيرس إلى النقطة المحشاه وبذلك تكون التحشية بالزوايا فقط وبدون اللجوء إلى قياس أطوال ، وتفيد هذه الطريقة عندما يصعب قياس الأطوال عند إجراء التحشية لوجود عوائق تمنع القياس ولا تمنع الرصد .

٦- العمل المكتبي :

وفيه يتم ضبط أرصاد الترافيرس المقفل للحصول على أحداثياته المصححة ثم رسم هذا المضلع على لوحة بمقياس رسم مناسب ، ثم رسم التفاصيل التي أجريت لها التحشيات .

## طرق الرفع المساحي بالتيودوليت :

هناك ثلاثة طرق لرفع منطقة بواسطة التيودوليت هي :

### أولا : طريقة الثبات :

وهي تشبه طريقة الثبات في البوصلة تماما ، وتتم على النحو التالي .

أ - نختار نقطة ثبات يوضع عليها التيودوليت إما داخل المضلع أو خارجه ولتكن (م) .

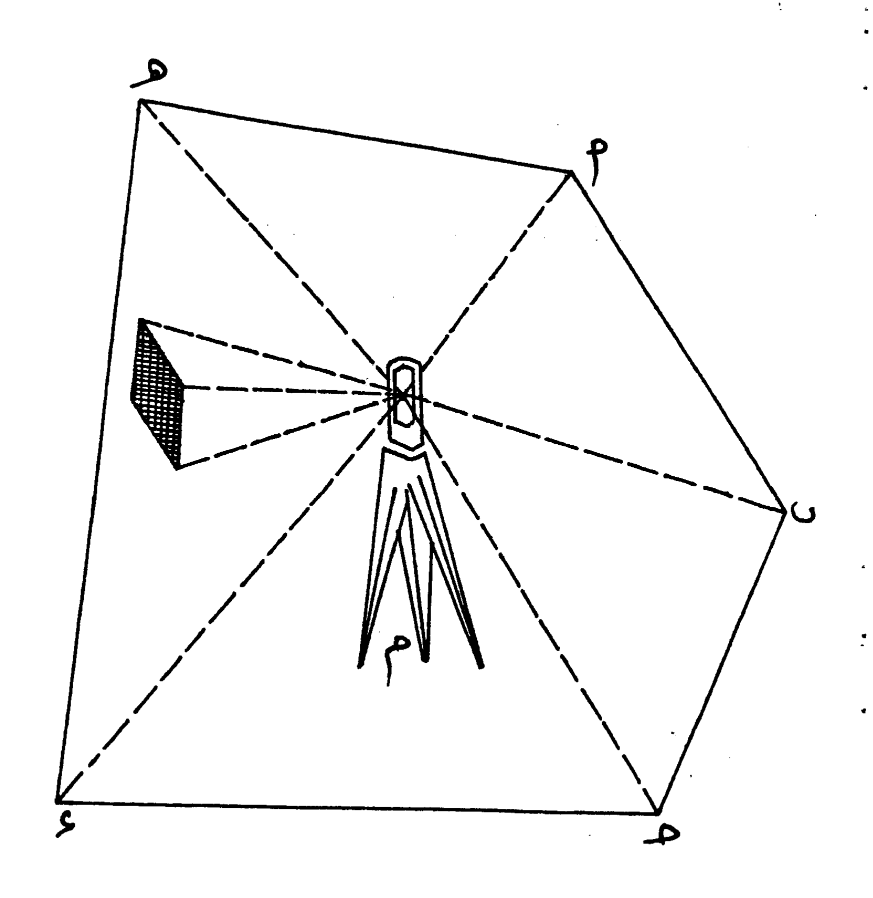
ب - نجرى عمليتي التسامت والأفقية للجهاز .

جـ- نقوم بالتوجيه نحو إحدى النقط المحددة للمضلع أ ب جـ د هـ ، ولتكن نقطة ( أ ) ويتم ضبط حركة المنظار عن طريق مسامير الحركة الأفقية والرأسية السريعة والبطيئة حتى تتقاطع الشعرة الوسطى مع رأس المسمار أعلى الوتد المحدد لنقطة أ ( شكل ١٢٣ ) .

د- نضبط الدائرة الأفقية على قيمة معينة ولتكن الصفر وفي هذه الحالة تكون قراءة درجات الدائرة الأفقية صفر وقراءة الميكرومتر للدقائق والثواني صفر أيضا ( ونقوم بتحديد اتجاه ثابت للتوجيه إما مع عقرب الساعة أو عكس اتجاه عقرب الساعة ) .

هـ- بعد ذلك نقوم بالتوجيه نحو النقط الأخرى المحددة للمضلع وأي أهداف يراد رفعها بالتيودوليت وفي كل مرة تقرأ قيمة الزاوية الأفقية والرأسية كما تقرأ القراءات التي تحددها الشعرات على القامة ( القراءة السفلى والوسطى والعليا ) .

و- قبل الانتهاء من عملية الرفع باستخدام التيودوليت نقوم بتركيب البوصلة على الجهاز ونقوم بالتوجيه على نقطة البداية ( أ ) بواسطة منظار التيودوليت ونقوم بتصفير الزاوية (جعل الدائرة الأفقية للمقياس والميكرومتر صفر ) ثم نقوم بفك مسمار الحركة الأفقية السريعة ، ونحرك الجهاز حتى يوازي خط النظر من المنظار اتجاه الشمال المغناطيسي الذي يحدده مؤشر البوصلة ثم نقفل مسمار الحركة السريعة ثانية ونقوم بقراءة الزاوية بين نقطة البداية أ واتجاه الشمال المغناطيسي وندونها في دفتر الغيط .




**شكل رقم ( ١٢٣ )**

ي- نأتي إلى مرحلة العمل المكتبي فنقــوم بتحويــل قــراءات الشــعرات ( السفلى والوسطى والعليا ) إلى مسافات عن طريق القانون .

ف = هـ × ث × جتا$^{2}$ ن + ك جتا ن

ثم نقوم بتوقيع نقطة تتوسط ورقة الرسم فتكون نقطة م ، نرسم منها اتجاه الشمال المغناطيسي وعن طريق القانون السابق لحساب المسافات وعن طريق الزاوية الأفقية بين اتجاه الشمال المغناطيسي والخط م أ نرسم هذا الخط بمقياس رسم مناسب حتى نحدد نقطة أ ، ثم نضع صفر المنقلة على الخط م أ ، ونقوم بتوقيع الزوايا بين خط التصفير ( م أ ) ونقط المضلع الأخرى ب ، جـ ، د ، هـ كذلك الأهداف الأخرى التي تم رفعها بالتيودوليت ،وعن طريق المسافات بينهم وبين نقطة م يمكن توقيعها بواسطة مقياس الرسم المناسب الذي تم اختياره ورسم على أساسه الخط م أ .

## ثانيا : طريقة التقاطع الأمامي :

وتشبه إلى حد كبير مثيلتها في البوصلة وتتم على النحو التالي :

١- نحدد خط قاعدة وليكن س ص بطول مناسب إما أن يكون داخل المضلع أو خارجه ( شكل رقم ١٢٤ ) .

٢- نرتكز بالجهاز في نقطة س وبعد ضبط التسامت والأفقية للجهاز نجعله في الوضع المتيامن ( الدائرة الرأسية على يمين الراصد ) ثم نقوم بالتوجيه نحو النقطة الأخرى لخط القاعدة ص ( في اتجاه عقرب الساعة ) ونضبط الدائرة الأفقية على قراءة معينة ولتكن الصفر ( ٠٠ ٠٠ °٠٠ ) .

٣- نقوم بإجراء عملية التوجيه على أركان المضلع أ ، ب ، جـ ، د ، هـ ... وهكذا ، كذلك على أي أهداف أخرى يراد رفعها حتى نصل إلى نقطة البداية وهي نقطة خط القاعدة (ص) ونكون بذلك قد قفلنا الأفق ، ويمكننا الاكتفاء في هذه الحالة بقراءة الزوايا بين خط القاعدة والأهداف في الوضع المتيامن فقط ، أما إذا ما أردنا رفع نقط الترافيرس فقط دون أهداف أخرى فيجب أن تقاس الزوايا من نقطة س في حالة المتيامن والمتياسر لزيادة الدقة بأن نقلب التيودوليت ونجعل الدائرة الرأسية على يسارنا ثم نقوم بالتوجيه نحو نقط رؤوس المضلع ...... ، هـ ، د ، جـ ، ب ، أ أي في اتجاه ضد عقرب الساعة حتى نقفل الأفق مرة أخرى

على النقطة ص ، ثم نضع القامة عند ص ونأخذ قراءات الشعرات الثلاثة السفلى والوسطى والعليا كذلك الزاوية الرأسية وذلك لحساب طول خط القاعدة عن طريق القانون

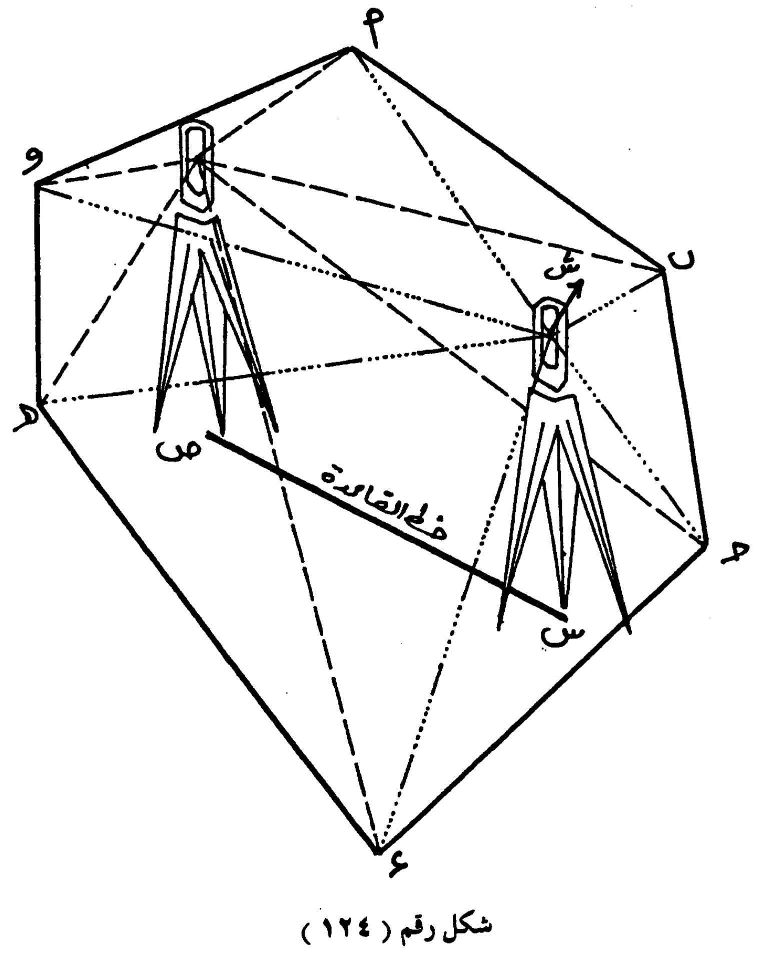
ف = هـ × ث × جتا$^{2}$ ن + ك جتا ن .

٤- قبل أن ننقل الجهاز من نقطة س نقوم بتركيب البوصلة على التيودوليت ثم نوجد نحو نقطة (ص) ونضبط قراءة الدائرة الأفقية على القراءة صفر مرة أخرى ، ثم نحرر مفتاح الحركة السريعة ونحرك الجهاز حتى يوازي خط النظر اتجاه الشمال المغناطيسي ونغلق المفتاح ونقرأ مقدار الزاوية التي يصنعها خط القاعدة مع اتجاه الشمال المغناطيسي ونقوم بتسجيلها في دفتر الغيط .

٥- ننتقل بالجهاز إلى نقطة (ص) وبعد ضبط التسامت والأفقية نوجه الأليداد إلى نقطة س ونضبط الاتجاه على قراءة تزيد ١٨٠° عن الحالة الأولى أي نضبط الدائرة الأفقية على القراءة ( ٠٠ ٠٠ ١٨٠° ) بعد أن نكون قد تأكدنا من أن وضع الجهاز متيامن .

٦- نقوم بالتوجيه إلى أركان المضلع وأي أهداف أخرى يراد رفعها بالتيودوليت (ولا يشترط أن يكون بنفس الترتيب السابق )حتى نصل إلى نقطة بداية التوجية وهي نقطة (س) ونكون بذلك قد قفلنا الأفق وقد نكتفي بذلك أو نقلب المنظار ونجعل الدائرة الرأسية على اليسار ، ثم نوجه نحو الأهداف ونقط المضلع في اتجاه ضد عقارب الساعة حتى نقفل الأفق مرة أخرى على نقطة (س) ثم نضع القامة عند س ونأخذ قراءات سفلى ووسطى وعليا وزاوية رأسية حتى نأتي بطول خط القاعدة ص س مرة أخرى عن طريق نفس القانون ، ثم نأخذ متوسط الحالتين حتى يعطينا ذلك أقرب النتائج لطول خط القاعدة .

٧- قبل أن ننتهي من العمل برفع الجهاز يجب أن نقوم بتركيب البوصلة على التيودوليت ، ثم نوجه نحو نقطة (س) ونضبط قراءة الدائرة الأفقية على القراءة ١٨٠° مرة أخرى ثم نحرر مفتاح الحركة السريعة ونحرك الجهاز في اتجاه عقرب الساعة حتى يوازي خط النظر اتجاه الشمال المغناطيسي ونغلق المفتاح ونقرأ الزاوية التي يصنعها خط القاعدة مع اتجاه الشمال المغناطيسي ونسجلها في دفتر الغيط .




شكل رقم ( ١٢٤ )

٨- نقوم بتعيين نقطة تمثل نقطة س على ورقة رسم ثم نقوم برسم اتجاه الشمال المغناطيسي وعن طريق الزاوية بينه وبين خط القاعدة يرسم الأخير بمقياس رسم مناسب بعد رسم خط القاعدة نضع صفر المنقلة على هذا الخط بحيث يكون مركزها على نقطة س ثم نقوم بتعيين الزوايا بين خط القاعدة ونقط المضلع والأهداف الأخرى ، بعدها ننتقل على نقطة (ص) ونجعل مركز المنقلة عليها وصفرها على الخط ص س ، ثم نحدد الزوايا بين خط القاعدة ونقط المضلع وأي أهداف أخرى ، كذلك نعين اتجاه الشمال المغناطيسي من ص ، ولابد في هذه الحالة أن يوازي اتجاه الشمال المغناطيسي المرسوم عند س ، وينتج عن تلاقي الأشعة من كلا من س ، ص أن تتحدد النقط المحددة للمضلع وأي أهداف أخرى تم رفعها بالتيودوليت .

## ثالثا : طريقة اللف والدوران .

وهي أيضا تشبه مثيلتها في البوصلة وإلى حد ما في اللوحة المستوية وتتم على النحو التالي :

١- إذا ما فرض أن هناك مضلع أ ب جـ د هـ يراد رفعه بالتيودوليت فإذا ما أردنا إجراء العمل المساحي بطريقة اللف والدوران فينبغي التأكد من أن كل نقطة من نقاطه ترى النقطة السابقة والنقطة اللاحقة لها ، فعلى سبيل المثال يجب أن ترى أ كل من هـ ، ب ( شكل رقم ١٢٥) .

٢- نقوم بوضع الجهاز على نقطة أ وبعد إجراء عمليتي التسامت والأفقية نجعل الجهاز في الوضع المتيامن ، ثم نقوم بتوجيه الاليداد نحو نقطة ب ونضبط الدائرة الأفقية على قراءة معينة ولتكن صفر ( ٠٠ ٠٠ ٥٠٠ ) ثم نقوم ، بتحرير مفتاحي الحركة الأفقية والرأسية السريعة ، وندير الجهاز حتى تظهر نقطة هـ في المنظار ثم نغلق المفتاحين ، وعن طريق مفتاح الحركة البطيئة نجعل الشعرة الوسطى تتقاطع مع رأس المسمار أعلى الوتد المحدد لنقطة هـ .

٣- نقرأ الزاوية التي على المقياس إلى أقرب ثانية بواسطة إدارة الميكرومتر ونسجلها في الجدول ، ثم نقوم بتحرير مفتاحي الحركة الأفقية والرأسية السريعة مرة أخرى ونوجه إلى نقطة أ مرة أخرى ، وبذلك نكون قد قفلنا الأفق في الوضع المتيامن .

٤- نقلب المنظار وندير الجهاز بعد تحرير مفتاحي الحركة الأفقية السريعة ونوجه إلى النقطة ( أ ) ويكون الجهاز بهذا في الوضع المتياسر ، ثم نقرأ الزاوية ونسجلها في الجدول ، ثم نوجه إلى نقطة هـ في اتجاه عقرب الساعة ونقرأ الزاوية ونسجلها ثم نوجه إلى نقطة أ مرة أخرى ، وبذلك نكون قد قفلنا الأفق في الوضع المتياسر .

٥- نقوم بقياس الضلعين أب ، أهـ بالقياس التاكيومتري عن طريق التيودوليت والقامة .

٦- نكرر هذه العملية عند احتلال كل نقطة من نقط المضلع حتى نصل إلى آخر نقطة وبعد الانتهاء وقبل رفع التيودوليت عن النقطة الأخيرة نقوم بتركيب البوصلة على الجهاز ونقيس الزاوية التي يصنعها الضلع هـ أ مع اتجاه الشمال المغناطيسي وتسجل في دفتر الغيط .

٧- بعد الانتهاء من العمل الحقلي وخلال العمل المكتبي نقوم بتصحيح الزوايا المقاسة عند كل نقطة ثم نقوم بتوقيع الترافيرس على أساسها بأي طريقة من طرق توقيع ترافيرس طريقة اللف والدوران التي تم شرحها في جزء البوصلة المنشورية .

(أ) إما عن طريق الزوايا الداخلية .

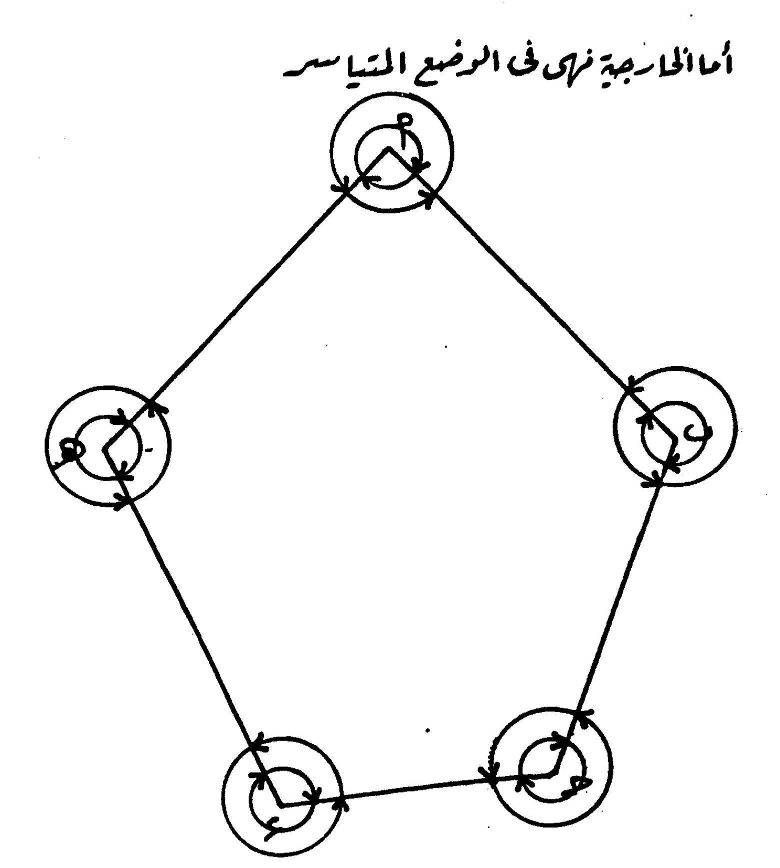
(ب) إما عن طريق انحرافاتها المصححة .

(ج) إما عن طريق مركبات الأضلاع .

ويعتبر خطأ القفل الضلعي أهم عيوب طريقة اللف والدوران ويمكن تصحيحه كما يصحح خطأ القفل الضلعي في ترافيرس البوصلة تماما .

ملحوظة هامة : لكل طريقة من هذه الطرق مزايا وعيوب سبق الحديث عنها في جزء المساحة بالبوصلة المنشورية .

الاتجاهات الداخلية في الوضع المتياسر




شكل رقم ( ١٢٥ )

## ترافيرسات التيودوليت :

الترافيرسات هي عبارة عن مضلعات تستخدم في عمليات الرفع المساحي وذلك باستخدام خطوطها باعتبارها خطوط إسناد لمعالم المنطقة المراد رفعها .

# أولا : الترافيرس المقفل .

### *خطوات ضبط وتصحيح الترافيرس المقفل :*

سبق تعريف الترافيرس المقفل بأنه المضلع الذي فيه نقطة بدايته هي نفسها نقطة نهايته وتقاس فيه جميع الزوايا والأطوال ويكون معلوما فيه إحداثيات نقطة وانحراف ضلع ( في الأغراض العملية إذا لم يكن معروفا يفرض اتجاه الضلع وإحداثيات النقطة ) ويكون فيه عدد الزوايا مساويا لعدد النقط مساويا لعدد الأضلاع .

وبعد الانتهاء من رفع هذا الترافيرس تبدأ خطوات ضبطه وتصحيحه وتتمثل في :

(١) رسم الكروكي :-

يتم رسم كروكي للترافيرس موضحا عليه جميع الأطوال وجميع الزوايا المقاسة وكذلك إحداثيات النقطة المعلومة وانحراف الخط المعلوم .

(٢ ) إيجاد خطأ القفل الزاوي وتصحيحه :-

مجموع الزوايا المقاسة = الزاوية أ + الزاوية ب + الزاوية جـ + .........

المجموع النظري للزوايا الداخلية = ٩٠° ( ٢ن – ٤ )

حيث ن = عدد الأضلاع = عدد النقط = عدد الزوايا

خطأ القفل الزاوي = مجموع الزوايا المقاسة – المجموع النظري للزوايا الداخلية

ويقارن هذا الخطأ بالمسموح به = ٢ و $\sqrt{ن}$ حيث و = دقة التيودوليت

كما يمكن استخدام قانون الخطأ المسموح به = ٧٠" $\sqrt{ن}$

فإذا كان الخطأ مسموح به نستكمل الحسابات أما إذا كان الخطأ غير مسموح به فيجب إعادة الأرصاد ، ويتم توزيع التصحيحات على الزوايا بحيث أن كل زاوية تحصل على تصحيح قدره (ت) .

$$ت = \frac{\text{مقدار الخطأ}}{\text{عدد الزوايا}}$$

وبإضافة أو طرح هذه التصحيحات لقيم الزوايا المقاسة نحصل على الزوايا المصححة ( تضاف أو تطرح تبعا لإشارة مقدار الخطأ فإذا كان مقدار الخطأ موجبا نطرح ، أما إذا كان مقدار الخطأ سالب نجمع ) .

**٣- إيجاد الانحرافات :**

بعد إتمام المرحلة السابقة نقوم بحساب الانحرافات المغناطيسية أو الجغرافية للأضلاع بمعلومية انحراف أحد الأضلاع والزوايا المصححة ، ويتم ذلك تباعا حتى نحصل على انحراف الخط المعلوم مرة أخرى كنوع من التحقيق الحسابي مستخدمين العلاقة التالية والتي سبق شرحها في جزء البوصلة .

انحراف الضلع المجهول = انحراف الضلع المعلوم ± ١٨٠ ± الزاوية بين الضلعين

بعد ذلك نحول الانحرافات الناتجة إلى انحرافات مختصرة

**٤- إيجاد مركبات الأضلاع**

عن طريق أطوال أضلاع الترافيرس وانحرافاتها المختصرة يمكن إيجاد مركبات أضلاعها حيث أن :

المركبة الأفقية لأي خط = ل جا هـ

المركبة الرأسية لأي خط = ل جا هـ

حيث ل = طول الضلع ، هـ = الانحراف الدائري ( المختصر )

(٥) إيجاد خطأ القفل الضلعي وتصحيحه :-

في أي مضلع مقفل يجب أن يكون .

مجموع المركبات الأفقية – مجموع المركبات الرأسية = صفر

فإذا كان :

مجموع المركبات الأفقية ≠ صفر = Δ س ( مركبة خطأ القفل الضلعي الأفقية )

مجموع المركبات الرأسية ≠ صفر =Δ ص ( مركبة خطأ القفل الضلعي الرأسية )

خطأ القفل الضلعي = $\sqrt{(\Delta \text{ س})^2 + (\Delta \text{ ص})^2}$

$$\text{الخطأ النسبي} = \frac{\text{طول خطأ القفل الضلعى}}{\text{مجموع أطوال أضلاع الترافيرس}}$$

ويقارن هذا الخطأ بالمسموح به

فى المدن الخطأ النسبي لا يزيد عن $\frac{1}{2000}$

في الأرياف الخطـــأ الضلعي المسموح به

$= ٢٥ + ٠,٠٣١ \text{ ل} + ١,١٣ \sqrt{\text{ل}}$

حيث ل= طول محيط الترافيرس بالمتر.

فإذا كان الخطأ غير مسموح به نعيد الأرصاد أما إذا كان مسموح بــه نستكمل الحسابات وقيم تصحيح المركبات بطريقة بودتش هي :

$$\text{التصحيح لمركبة الخط الأفقية} = (-\text{ مركبة خطأ القفل الأفقية }) \times \frac{\text{طول الضلع}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}}$$

$$\text{التصحيح لمركبة الخطأ الرأسي} = (-\text{ مركبة خطأ القفل الرأسية}) \times \frac{\text{طول الضلع}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}}$$

وبإضافة التصحيحات للمركبات المحسوبة نحصل على المركبات المصححة.

٦-إيجاد إحداثيات النقط:-

بمعلومية إحداثيات نقطة ( أ ) والمركبات المصححة لخطوط المضلع يمكن إيجاد إحداثيات باقي النقط تباعا باستخدام العلاقة الآتية .

**الإحداثي الأفقي لنقطة ب= الإحداثي الأفقي لنقطة أ+المركبة الأفقية للخط أ ب**

**الإحداثي الرأسي لنقطةب= الإحداثي الرأسي لنقطة أ + المركبة الرأسيةللخط أ ب**

ونعود وتحسب إحداثي أول نقطة مرة أخرى كنوع من أنواع تحقيق العمل الحسابي .

## *الأرصاد الناقصة في ترافيرسات التيودوليت المقفلة :*

في بعض الأحيان قد نضطر لاختيار نقط مضلع يترتب عنها عدم إمكانية إجراء الرصد لبعض العناصر في هذا المضلع ، كعدم قياس طولي ضلعين فيه ، أو عدم قياس طول ضلع وزاويتين داخليتين مجاورتين لهذا الضلع مما يترتب عنه عدم تمكننا من إيجاد الانحراف الدائري لهذا الضلع ، أو عدم قياس ثلاث زوايا داخلية متتالية في مضلع يترتب عنه عدم تمكننا من حساب انحرافات الضلعين الذين يصلان رؤوس هذه الزوايا .

هذه الأنواع من المضلعات يطلق عليها المضلعات ( الترافيرسات) ذات الأرصاد الناقصة . ويمكن إجراء الحساب لهذه المضلعات ولكن على حساب عدم اكتشاف الأخطاء في هذه المضلعات ، وعليه يجب إجراء الرصد للعناصر الباقية ( زوايا وأطوال ) بدقة متناهية مع تكرار الرصد للتأكد من أن القيم المرصود هي الأكثر احتمالا . والحساب للعناصر المجهولة يتم باستخدام المعادلتين الأساسيتين لقفل المضلع وهما :

**مجموع المركبات الأفقية = صفر**

**مجموع المركبات الرأسية = صفر**

وقبل البدء في مناقشة كيفية الحصول على الأرصاد الناقصة في ترافيرسات التيودوليت المقفلة لابد من التعرف على بعض الأسس الرياضية المساحية الهامة وهي :

المركبة الأفقية للخط أب = ل جا هـ = المركبة الأفقية للنقطة ب – المركبة الأفقية للنقطة أ .

أي = س ب – س أ

المركبة الرأسية للخط أب = ل جتا هـ = المركبة الرأسية للنقطة ب – المركبة الرأسية للنقطة أ .

أي = ص ب – ص أ

طول الخط أب = $\sqrt{(\text{س ب} - \text{س أ})^2 + (\text{ص ب} - \text{ص أ})^2}$

ظا الانحراف المختصر للضلع أب = $\frac{\text{س ب} - \text{س أ}}{\text{ص ب} - \text{ص أ}}$

## (١) المجهول طول ضلع وانحرافه :

**(مثال ٥٢) أ ب جـ د أ ( شكل رقم ١٢٦ ) مضلع مقفل في اتجاه عقرب الساعة قيست أطوال أضلاعه أب ، ب جـ ، جـ د بالمتر كذلك حسبت انحرافاتها المختصرة إلا أن الجغرافي لم يتمكن من قياس الضلع د أ أو إيجاد انحرافه، بسبب وجود عائق إيجابي يمنع القياس والتوجيه ، والمطلوب إيجاد طول الضلع المجهول وانحرافه الدائري .**

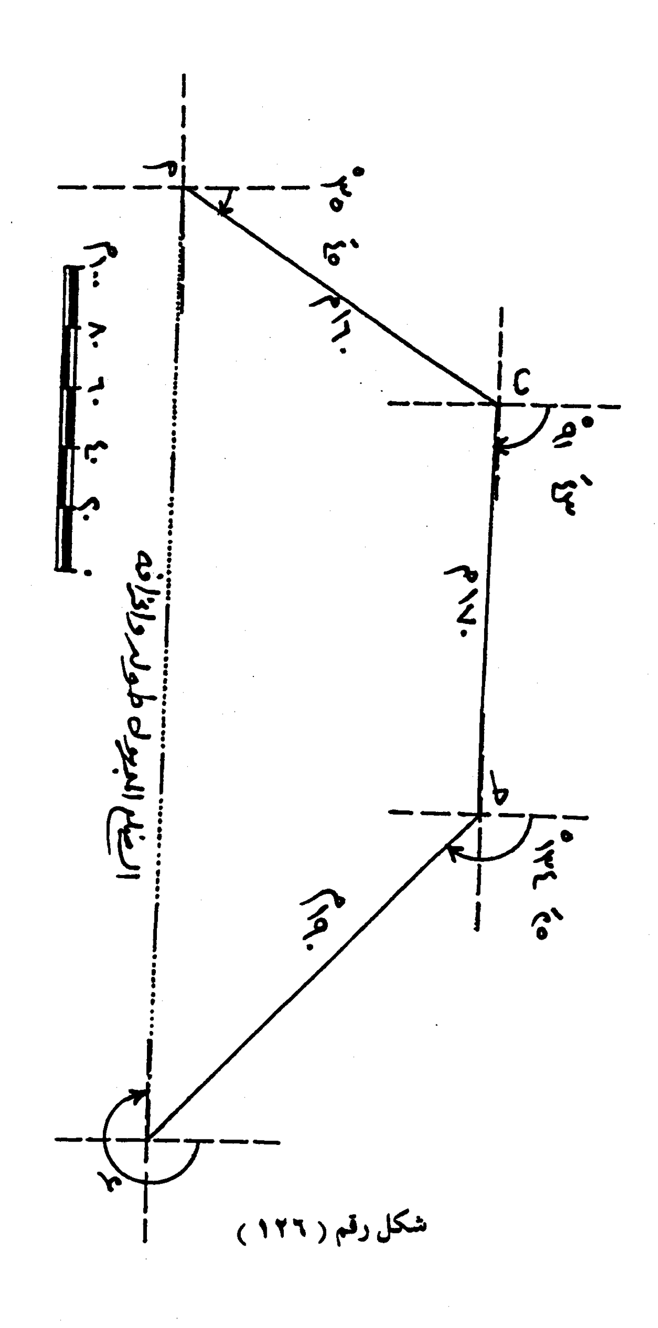
جدول رقم (٣٨)

| الضلع | الطول | الانحراف | المركبات | |
|---|---|---|---|---|
| | | | الأفقية | الرأسية |
| أ ب | ١٦٠ | ٤٥َ ٣٥ْ | + ٩٣,٤٨٠ | + ١٢٩,٨٥٢ |
| ب جـ | ١٧٠ | ٤٣ ٩١ | + ١٦٩,٩٢٤ | – ٥,٠٩٣ |
| جـ د | ١٩٠ | ٢٥ ١٣٤ | + ١٣٥,٧١١ | – ١٣٢,٩٧٦ |
| د أ | ؟ | ؟ | ؟ | ؟ |

**طريقة الإجابة :**

ولأنه لابد وأن يكون مجموع المركبات الأفقية = صفر

كذلك لابد أن يكون مجموع المركبات الرأسية = صفر



شكل رقم ( ١٢٦ )

∴ صفر = المركبة الأفقية للضلع د أ + ٩٣,٤٨٠ + ١٦٩,٩٢٤ + ١٣٥,٧١١ وتكون المركبة الأفقية للضلع د أ = − ٣٩٩,١١٥

صفر = المركبة الرأسية للضلع د أ + ١٢٩,٨٥٢ − ٥,٠٩٣ − ١٣٢,٩٧٦
وتكون المركبة الرأسية للضلع د أ = + ٨,٢١٧

∴ طول الضلع د أ = $\sqrt{(-٣٩٩,١١٥)^{٢} + (+٨,٢١٧)^{٢}}$

= ٣٩٩,٢٠م

ظا انحراف الخط د أ = $\frac{\text{المركبة الأفقية للخط د أ}}{\text{المركبة الرأسية للخط د أ}} = \frac{-٣٩٩,١١٥}{+٨,٢١٧}$

∴ انحراف الخط د أ المختصر = ١٤ً ٤٩َ ٨٨°

ولان المركبة الأفقية سالبة والرأسية موجبه ∴ الضلع يقع في الربع الرابع

وعليه يكون الانحراف الدائري للخط د أ = ٣٦٠° − ١٤ً ٤٩َ ٨٨°

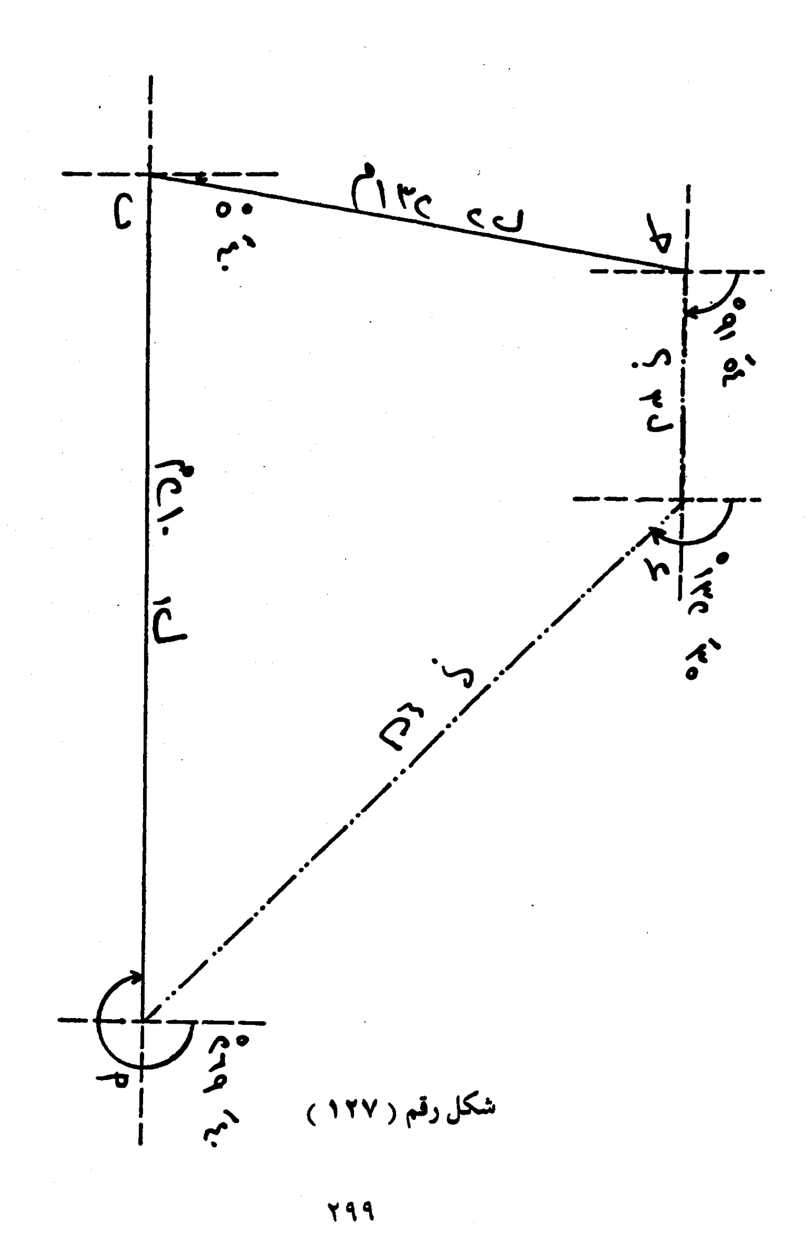
= ٤٦ً ١٠َ ٢٧١°

## ٢- المجهول طولا ضلعين :-

**( مثال ٥٣) أ ب جـ د أ ( شكل رقم ١٢٧) مضلع مقفل في اتجاه عقرب الساعة استطاع جغرافي أن يقيس الانحرافات المغناطيسية لجميع الأضلاع ، ولكنه لم يستطع إلا قياس أطوال الضلعين أ ب ، ب جـ ، والمطلوب إيجاد طولي الضلعين الآخرين .**

**جدول رقم (٣٩)**

| الضلع | الطول | الانحراف | المركبات | |
|---|---|---|---|---|
| | | | الأفقية | الرأسية |
| أب | ٢١٠ | ٤٠َ ٢٦٩° | − ٢١٠,٠ | − ١,٢٢ |
| ب جـ | ١٣٢ | ٤٠َ ٠٥ | + ١٣,٠٣ | + ١٣١,٣٥ |
| جـ د | ؟ | ٥٤ ٩١ | $ل_{٣} \times (+١)$ | $ل_{٣} \times (-٠,٠٣)$ |
| د أ | ؟ | ٣٥ ١٣٢ | $ل_{٤} \times (+٠,٧٤)$ | $ل_{٤} \times (-٠,٦٨)$ |



شكل رقم ( ١٢٧ )

**طريقة الإجابة :**

* ١ ل$_٣$ + ٠,٧٤ ل$_٤$ − ٢١٠ + ١٣,٠٣ = صفر

∴ ل$_٣$ + ٠,٧٤ ل$_٤$ − ١٩٦,٩٧ = صفر ........... ١

* −٠,٠٣ ل$_٣$ − ٠,٦٨ ل$_٤$ − ١,٢٢ + ١٣١,٣٥ = صفر

∴ −٠,٠٣ ل$_٣$ + ٠,٦٨ ل$_٤$ + ١٣٠,١٣ = صفر ........... ٢

بضرب المعادلة الثانية في $\frac{١}{٠,٠٣}$ وجمعها مع المعادلة الأولى

ال$_٣$ + ال$_٣$+ ٠,٧٤ ل$_٤$ − ٢٢,٦٧ ل$_٤$ − ١٩٦,٩٧ + ٤٣٣٧,٦٧ = صفر

∴ ٠,٧٤ ل$_٤$ − ٢٢,٦٧ ل$_٤$ + ٤١٤٠,٧٠ = صفر

∴ − ٢١,٩٣ ل$_٤$ = − ٤١٤٠,٧

∴ ل$_٤$ = ١٨٨,٨ متر وبالتعويض في المعادلة الأولى

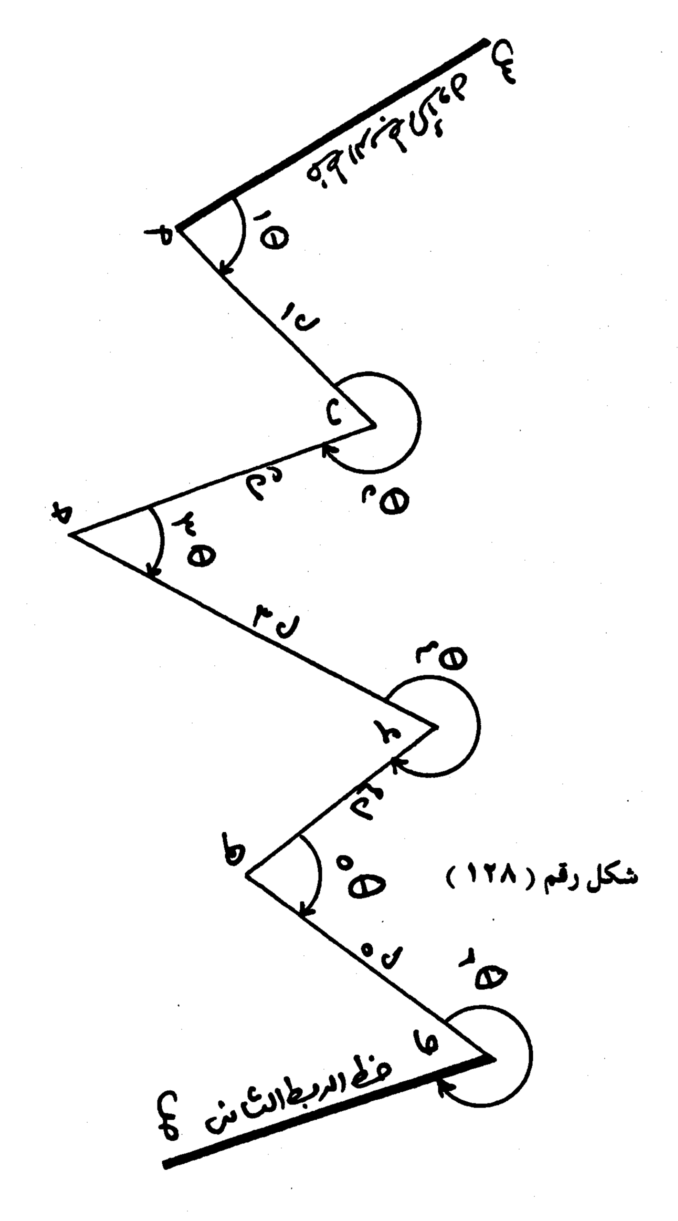
ل$_٣$ + ١٣٩,٧ − ١٩٦,٩٧ = صفر

∴ ل$_٣$ = ٥٧,٢٦ متر ......... وهو المطلوب

## ثانيا : الترافيرس الموصل :

### *خطوات ضبط وتصحيح الترافيرس الموصل :*

سبق القول أن الترافيرس الموصل هو ما كانت نقطـة ابتـداؤه نقطـة معلوم احداثياتها ويربط عندها على اتجاه معلوم انحرافه أو يمكـن حسـاب انحرافه ، وكذلك ينتهي عند نقطة معلوم إحداثياتها ويربط عندها على اتجـاه معلوم انحرافـه أيضـا . والمقصـود بـالربط أن الزاويـة بـين الضـلع المعلوم انحرافه واحد أضـلاع الترافيـرس مقاسـة ففـي الشـكل (١٢٨) أ ب جـ د هـ و مضلع موصل يربط عند ابتدائه على الضلع أ س المعلـوم انحرافه وإحداثيات نقطة أ معلومة من مضلع سبق تصحيحه ، ويقفـل علـى نقطة و معلوم إحداثياتها ، ويربط على و ص المعلوم انحرافه ، وكذلك يجب أن تكون كل من الزاويتين س أ ب ، هـــ و ص ، وهمـا زاويتـا الـربط مقاستان أو يمكن حسابهما .



شكل رقم ( ١٢٨ )

ويتخلص عمل الغيط بالنسبة للترافيرس الموصل في قياس جميع أطوال أضلاعه وكذلك الزاويا المحصورة بين هذه الأضلاع بالإضافة إلى زاويتي الربط . أما العمل المكتبي فالغرض منه الحصول على التصحيحات اللازمة لهذا النوع من الترافيرسات سواء كانت تصحيحات خاصة بالزوايا أو بالأطوال ثم الحصول على الإحداثيات الصحيحة لجميع نقط الترافيرس .

والخطوات التالية هي الخطوات النموذجية لإجراء التصحيحات .

**١ - رسم الكروكي :-**

يتم رسم كروكي نوضح عليه جميع الأطوال والزوايا المقاسة وكذلك الإحداثيات والانحرافات المعلومة .

**٢- إيجاد خطأ القفل الزاوي وتصحيحه وحساب الانحرافات :-**

**(أ) عن طريق الزوايا :**

خطأ القفل الزاوي = م - [ ص - س + ١٨٠° ( ع - ١ ) ] حيث

م = مجموع الزوايا المرصودة مقاسة مع عقارب الساعة من خط الربط الأول إلى خط الربط الثاني .

ص = انحراف خط الربط الثاني .

س = انحراف خط الربط الأول .

ع = عدد أضلاع الترافيرس الموصل بما فيها خطوط الربط .

= عدد الزوايا المقاسة + ١

فإذا كانت الزوايا مقاسة من خط الربط الأول إلى خط الربط الثاني ضد عقارب الساعة تصبح العلاقة .

خطأ القفل الزاوي = م - [ س - ص + ١٨٠° ( ع - ١ ) ]

ويقارن هذا الخطأ بالمسموح به

الخطأالمسوح به = ٢ و$\sqrt{ن}$ حيث (و) دقة التيودوليت ، (ن) عدد الزوايا

فإذا كان الخطأ مسموحا به تصحيح الزوايا المقاسة كالتالى

التصحيح لكل زاوية ( ت ) = $\frac{\text{مقدار خطأ القفل}}{\text{عدد الزوايا}}$

وبإضافة هذه التصحيحات للزوايا المقاسة نحصل على الزوايا المصححة وبمعلومية انحراف خط الربط الأول نوجد انحرافات خطوط الترافيرس تباعا حتى نحصل على انحراف خط الربط الثاني المعلوم كتحقيق للعمل الحسابي .

(ب) عن طريق الانحرافات :

بمعلومية انحراف خط الربط الأول والزوايا المقاسة نوجد الانحرافات الغير مصححة لخطوط الترافيرس تباعا حتى نحصل على انحراف خط الربط الثاني المحسوب وبذلك يكون خطأ القفل الزاوي :-

خطأ القفل الزاوي = انحراف خط الربط الثاني المحسوب - انحراف خط الربط الثاني المعلوم .

وبعد مقارنة بالمسموح به يتم تصحيح الانحرافات كالتالي :

التصحيح لانحراف الخط الربط الأول= $\frac{-\text{مقدار خطأ القفل}}{\text{عدد الاتجاهات}}$ × صفر = صفر

التصحيح لانحراف ضلع الترافيرس الأول = $\frac{-\text{مقدار خطأ القفل}}{\text{عدد الاتجاهات}}$ × ١

التصحيح لانحراف ضلع الترافيرس الثاني = $\frac{-\text{مقدار خطأ القفل}}{\text{عدد الاتجاهات}}$ × ٢

التصحيح لانحراف ضلع الترافيرس الثالث = $\frac{-\text{مقدار خطأ القفل}}{\text{عدد الاتجاهات}}$ × ٣

......................................................

التصحيح لانحراف خط الربط الثاني = $\frac{-\text{مقدار خطأ القفل}}{\text{عدد الاتجاهات}}$ × عدد الاتجاهات = كل مقدار الخطأ

وبإضافة هذه التصحيحات للانحرافات المحسوبة نحصل على الانحرافات المصححة .

### ٣- إيجاد مركبات الأضلاع :

المركبة الأفقية = ل جا هـ      المركبة الرأسية = ل جتا هـ

حيث ل = طول الضلع ، هـ = الانحراف الدائري

## ٤- إيجاد خطأ القفل الضلعي وتصحيحه وإيجاد الإحداثيات :-

### (أ) عن طريق المركبات :-

مركبة خطأ القفل الضلعي الأفقية (س) = الإحداثيات الأفقية لأول نقطة معلومة في الترافيرس + مجموع المركبات الأفقية – الإحداثيات الأفقية لأخر نقطة معلومة في الترافيرس .

مركبة خطأ القفل الضلعي الرأسية (ص) = الإحداثيات الرأسية لأول نقطة معلومة في الترافيرس + مجموع المركبات الرأسية – الإحداثيات الرأسية لأخر نقطة معلومة في الترافيرس .

ويكون خطأ القفل الضلعي = $\sqrt{(\text{س})^{2} + (\text{ص})^{2}}$

الخطأ النسبي = $\dfrac{\text{طول خطأ القفل الضلعي}}{\text{مجموع أطوال}}$

ويقارن هذا الخطأ بالمسموح به

خطأ القفل الضلعي المسموح به أقل من $\dfrac{١}{٢٠٠٠}$ في المدن

وفي الأرياف = ٢٥ + ٠,٠٣١ل + ٠,١٣ $\sqrt{\text{ل}}$

حيث ل بالمتر

فإذا كان خطأ القفل الضلعي مسموحا به يتم تصحيح المركبات عن طريق قانون بودتش .

التصحيح لمركبة الضلع الأفقية = – مركبة الخطأ الأفقية × $\dfrac{\text{طول الضلع}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}}$

التصحيح لمركبة الضلع الرأسية= – مركبة الخطأ الرأسية × $\dfrac{\text{طول الضلع}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}}$

وبإضافة هذه التصحيحات للمركبات المحسوبة نحصل على المركبات المصححة وبمعلومية إحداثيات أول نقطة في الترافيرس والمركبات المصححة لأطوال الأضلاع نوجد إحداثيات نقط الترافيرس تباعا حتى نحصل على إحداثيات آخر نقطة معلومة كتحقيق للعمل الحسابي .

(ب) عن طريق الإحداثيات :

بمعلومية المركبات غير المصححة وإحداثي أول نقطة في الترافيــرس يمكن إيجاد الاحداثيات الغير مصـــححة لجميـــع نقـــط الترافيــرس تباعـــا حتى نحصل على الإحداثيات المحسوبة للنقطة الأخيرة المعلومة الاحـــداثيات وبذلك يكون :-

مركبة خطأ القفل الضلعي الأفقية س = الاحداثي الأفقـــي المحســـوب لآخـــر نقطة - الإحداثي الأفقي المعلوم لها.

مركبة خطأ القفل الضلعي الرأسية ص = الإحداثي الرأسي المحسوب لآخـــر نقطة - الإحداثي الرأسي المعلوم لها.

ويكون مقدار خطأ القفل الضلعي = $\sqrt{(س)^2 + (ص)^2}$

$$\text{والخطأ النسبي} = \frac{\text{طول خطأ القفل الضلعي}}{\text{مجموع أطوال أضلاع الترافيرس}}$$

وبعد مقارنته بالمسموح به يتم التصحيح للاحداثيات عن طريق قـــانون بودنتش

التصحيح للاحداثي الأفقي للنقطة

$$= - \text{مركبة الخطأ الأفقية} \times \frac{\text{مجموع أطوال الأضلاع السابقة للنقطة}}{\text{المجموع الكلي لأطوال الأضلاع}}$$

التصحيح للاحداثي الرأسي للنقطة

$$= - \text{مركبة الخطأ الرأسية} \times \frac{\text{مجموع أطوال الأضلاع السابقة للنقطة}}{\text{المجموع الكلي لأطوال الأضلاع}}$$

وبإضافة هذه التصـــحيحات للإحـــداثيات المحســـوبة نحصـــل علـــى الإحداثيات المصححة

## ثالثا : الترافيرس المفتوح :

### *ضبط وتصحيح الترافيرس المفتوح :*

من المعروف أن الترافيرس المفتوح هو ترافيرس موصل فقد أحد شروطه الأربعة وبالتالي يصعب تصحيحه حسابيا ، ولذلك نلجأ لرصدة بواسطة مجموعتين من الراصدين ثم يتم حساب انحرافات خطوطه تباعا لكل مجموعة على حدة وتقارن الانحرافات المحسوبة بين المجموعتين بحيث لا يزيد الفرق بينهما عن المسموح به .

المسموح به في الفرق بين الانحرافات المحسوبة لكل مجموعة = ٢ و $\sqrt{\text{٢ ن}}$

ثم يتم حساب إحداثيات نقطة تباعا بحيث لا يزيد الفرق بين الإحداثيات المحسوبة لأي نقطة في المجموعتين عن المسموح به .

المسموح به في الفرق بين إحداثيات النقط

= ٢٥ + ٠,٠٣١ (٢ل) +١,١٣ $\sqrt{\text{٢ل}}$

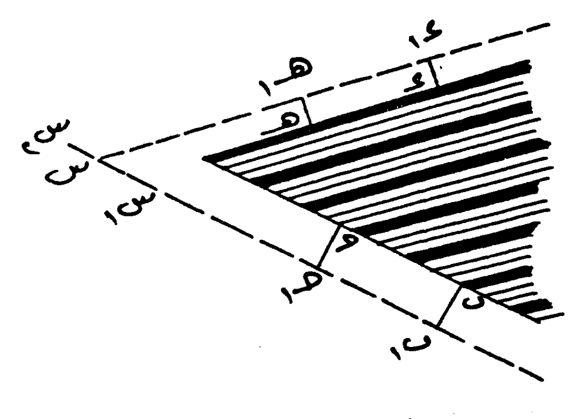
فإذا كان الفرق مسموحا به نأخذ الإحداثيات المتوسطة كإحداثيات حقيقية له أما إذا كان الفرق غير مسموح به فنلجأ لرصده عن طريق مجموعة ثالثة من الراصدين .

## تطبيقات على التيودوليت :

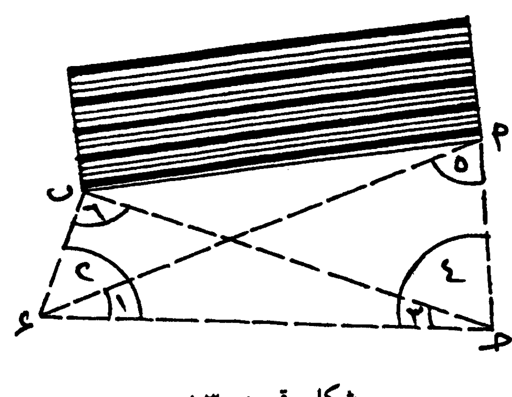
### ١- قياس الزاوية بين حائطين :

من الطبيعي أنه لا يمكن احتلال رأس الزاوية مكان تقابل الحائطين شكل (١٢٩) . ولتعيين الزاوية نجرى الخطوات التالية :

أ- نقيم من أي نقطتين على أحد الحائطين عمودين متساويين بطول مناسب مثل ب ب١ ، جـ جـ١ ، وبالمثل نقيم على الحائط الآخر عمودين متساويين وليس من الضروري أن يكون العمودان الأولان متساويين مع طول العمودين الآخرين ، نفرض أن العمودين الآخرين هما د د١ ، هـ هـ١ .



شكل رقم ( ١٢٩ )



شكل رقم ( ١٣٠ )

ب- نتيجة لذلك فإن ب١ جـ١ ، د١ هـ١ يوازيان الحائطين . والزاوية بينهما تساوي الزاوية المطلوبة بين الحائطين .

جـ -نعين امتداد ب١ جـ١ بالشريط والشواخص أو بالتيودوليت ونشد شريطا في الجزء س١ س٢ المتوقع أن يقطع امتداد د هـ١ امتداد ب١ جـ١ نتحرك على س١ س٢ حتى نصل إلى س على امتداد د١ هـ١ . نضع التيودوليت فوق س ثم نعين الزاوية بين د١ هـ١ ، ب١ جـ١ فتكون هي الزاوية المطلوبة .

## ٢- قياس طول هدف لا يمكن الوصول إليه :

المطلوب إيجاد طول البناء أ ب الذي لا يمكن الوصول إليه شكل ( ١٣٠ ) :

أ- نأخذ خط قاعدة بطول مناسب وليكن جـ د نقيس الزوايا ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ بالتيودوليت ، ويجب اختيار خط القاعدة بحيث أن الزوايا من ١ إلى ٤ تكون صغيرة جدا أو كبيرة جدا ( من ٣٠° إلى ١٢٠° ) .

ب- في المثلث أ جـ د جميع الزوايا والضلع جـ د معلومة ومنها :

$$\frac{\text{أ جـ}}{\text{جا (١)}} = \frac{\text{جـ د}}{\text{جا (٥)}} \qquad \text{ومنها أ جـ} = \text{جا (١)} \frac{\text{جـ د}}{\text{جا (٥)}}$$

في المثلث جـ ب د يمكن إيجاد ب جـ بنفس الطريقة السابقة وبذا .

$$(\text{أب})^{٢} = (\text{أ جـ})^{٢} \times (\text{ب جـ})^{٢} - ٢\ \text{أ جـ} \times \text{ب جـ} \times \text{جتا أ جـ ب}$$

حيث أ جـ ب = (٤) - (٣)

جـ- **ولتحقيق العمل** : تحسب طول أ د من المثلث أ جـ د ، طول ب د من المثلث ب جـ د ثم نحسب أب كضلع من المثلث أ د ب فيجب أن يكون طول أ ب المستنتج من الحالتين واحدا أو نأخذ المتوسط إذا كان الفرق بسيطا .

# تمارين محلولة عن القياس بالتيودوليت

**مثال١ : تيودوليت مزود بعدسة تحليلة وثابتة التاكيومتري وضع عند نقطة ب وأخذت الأرصاد الآتية ، المطلوب حساب المسافة بين أ ، جـ :**

**جدول رقم (٤٠)**

| الجهاز عند | إلى | الدائرة الأفقية | الدائرة الرأسية | القراءات |
|---|---|---|---|---|
| ب | أ | ٠٠ ٠٠ ٤٥° | ٠٠ ٠٠ ٣° | ١,٩ ، ٢,٩، ٣,٩ |
| | جـ | ٠٠ ٠٠ ١٣٥ | ٠٠ ٠٠ ١٢ | ١,٧ ، ٢,٧، ٣,٧ |

**طريقة الإجابة :-**

بما أن الجهاز مزود بعدسة تحليلية إذن ثابتة الإضافي يساوي صــفر .
وتكون المسافات المقاسة به = هــ × ث × جتا$^{٢}$ ن

∴ المسافة من نقطة الجهاز إلى نقطة أ =(٣,٩ – ١,٩)×١٠٠ جتا$^{٢}$ ٣°= ١٩٩,٥م ( شكل رقم ١٣١) .

المسافة من نقطة الجهاز إلى نقطة جـ=(٣,٧ – ١,٧)×١٠٠جتا$^{٢}$ ١٢°=١٩١,٤م

ويمكن حساب الزاوية بين الضلعين عن طريق طرح الاتجاه الأول من الاتجاه الثاني .

أ ب جـ = ١٣٥° – ٤٥° = ٩٠° ( زاوية قائمة )

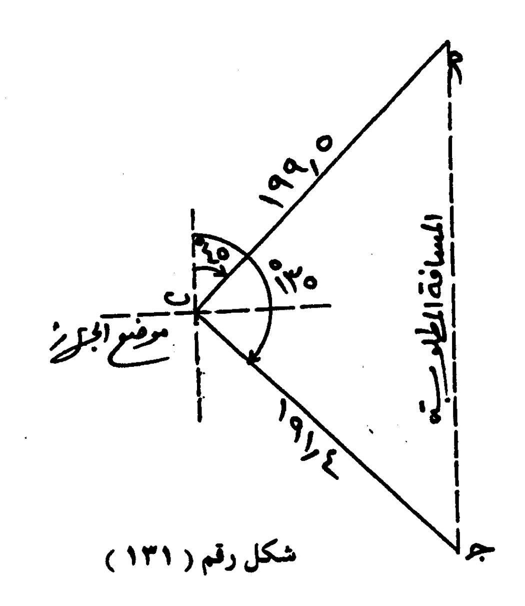
ولأن الزاوية قائمة ( أ جـ )$^{٢}$ = ( ب أ )$^{٢}$ + ( ب جـ )$^{٢}$

وعلى ذلك تكون المسافة أ جـ = $\sqrt{(١٩٩,٥)^{٢} + (١٩١,٤)^{٢}}$ =٢٧٦,٥ م

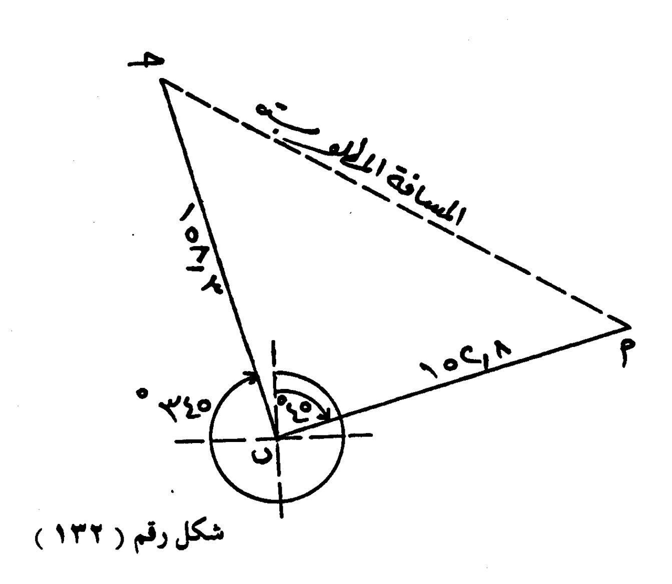
**مثال ٥٥ : عين معدل الانحدار بين النقطتين أ ، جـ من الأرصاد الآتية المأخوذة بتاكيومتر مجهز بعدسة تحليلة وثابتة التاكيومتري ١٠٠ .**

**جدول رقم (٤١)**

| الجهاز عند | إلى | الانحراف | الدائرة الرأسية | القراءات |
|---|---|---|---|---|
| ب | أ | ٧٥° | ١٢° ١٣َ | ١,٢ ، ٢,٠٠ ، ٢,٨ |
| | جـ | ٣٤٥ | ٥ ٥٤ | ١,٣ ، ٢,١ ، ٢,٩ |




**شكل رقم ( ١٣١ )**




**شكل رقم ( ١٣٢ )**

**طريقة الإجابة**

بما أن الجهاز مزود بعدسة تحليلية إذن ثابتة الإضافي يساوي صــفر ، وتكون المسافات المقاسة به = هـ × ث × جتا$^{2}$ ن .

* المسافة من نقطة الجهاز إلى نقطة أ=(٢,٨ – ١,٢) × ١٠٠جتا$^{2}$ ١٣َ ١٢ °١٢
= ١٥٢,٨ م ( شكل رقم ١٣٢) .

المسافة من نقطة الجهاز إلى نقطة جـ= (٢,٩ – ١,٣) × ١٠٠جتا$^{2}$ ٥٤ ٥
= ١٥٨,٣ م

* الزاوية بين الضلع ب أ والضلع ب جـ=(٣٦٠° – ٣٤٥°)+٧٥° =٩٠°

أي أن الزاوية أ ب ج زاوية قائمة

∴ ( أ جـ )$^{2}$ = ( ب أ )$^{2}$ + ( ب جـ )$^{2}$

∴ أ جـ = $\sqrt{(١٥٢,٨)^{2} + (١٥٨,٣)^{2}}$ =٢٢٠ م

* منسوب النقطة =منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز ± ص – قراءة الشعرة الوسطى.

وبفرض أن ارتفاع المحور الأفقي لجهاز التيودوليت يساوي صفر إذن ( منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز ) = صفر .

ويكون منسوب نقطة أ = + ص – قراءة الشعرة الوسطى

ص = ف ظا ن ∴ ص = ١٥٢,٨ ظا ١٣َ ١٢° = ٣٣,١ م

منسوب نقطة أ = ٣٣,١ – ٢ = ٣١,١ م

منسوب نقطة جـ = + ص – قراءة الشعرة الوسطى

ص = ف ظا ن ∴ ص = ١٥٨,٣ ظا ٥٤َ ٥° = ١٦,٤ م

فارق المنسوب بين أ ، جـ = ٣٣,١ – ١٦,٤ = ١٦,٧ م

$$\text{معدل الانحدار} = \frac{\text{فارق المنسوب بين أ ، د}}{\text{المسافة الأفقية بين أ ، ج}}$$

$$\therefore \text{معدل الانحدار} = \frac{١٦,٧ \text{ م}}{٢٢٠ \text{ م}} = \frac{١}{١٣,٢} \text{ تقريبا}$$

**مثال ٥٦ : وضع جهاز تيودوليت عند نقطة ب وهي نقطة روبير منسوبه ٢٠٠م ، ثم وجه الأليداد إلى نقطة أ بزاوية ارتفاع مقدارها ٤٥َ ٨° فكانت قراءة الشعرة الوسطى ٣,٩م ، وعندما خفض المنظار حتى أصبحت الزاوية ٣٦َ ٤° كانت قراءة القامة ١,٢٥م . ثم وجه الأليداد إلى**

نقطة جـ بزاوية انخفاض مقدارها ٥٩َ ٥° فكانت قراءة الشعرة الوسطى ٣,٧٥م وعندما خفض المنظار حتى أصبحت الزاوية ٤٥َ ٧° فكانت قراءة القامة ٠,٨٥م. أوجد معدل الانحدار بين أ ، جـ إذا علمت أن انحراف الخط ب أ = ٣٣٥° وانحراف الخط ب جـ = ١٣٠° وإن ارتفاع الجهاز ١,٥ متر ( شكل رقم ١٣٣) .

طريقة الإجابة :-

* المسافة الأفقية من الجهاز إلى نقطة أ أو جـ = $\frac{هـ}{ظا ن - ظا ي}$

∴ المسافة بين الجهاز والنقطة أ = $\frac{٣,٩ - ١,٢٥}{ظا ٤٥ ٨° - ظا ٣٦}$ = ٣٦,١ م

المسافة بين الجهاز والنقطة جـ = $\frac{٣,٧٥ - ٠,٨٥}{ظا ٤٥ ٧° - ظا ٥٩}$ = ٩٢,٧ م

الزاوية أ ب ج = (٣٦٠° - ٣٣٥° ) + ١٣٠° = ١٥٥°

∴ طول (أجـ)$^{٢}$ = ( أب)$^{٢}$ + (ب جـ )$^{٢}$ - ٢ أب × ب ج × جتا ث

∴ (أ جـ )$^{٢}$ =(٣٦,١)$^{٢}$ + (٩٢,٧)$^{٢}$ - ٢× ٣٦,١ × ٩٢,٧ × جتا ١٥٥ = ١٥٩٦٢,٤ متر .

∴ أ جـ = $\sqrt{١٥٩٦٢,٤}$ = ١٢٦,٣ م.

*منسوب النقطة = منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز ± ص - قراءة الشعرة الوسطى

منسوب نقطة (أ) = ٢٠٠ + ١,٥ + ص - ٣,٩

ص = ف ظا ن ص = ٣٦,١ ظا ٤٥َ ٨° = ٥,٥٥ متر

∴ منسوب نقطة (أ) = ٢٠٠ + ١,٥ + ٥,٥٥ - ٣,٩ = ٢٠٣,١٥متر

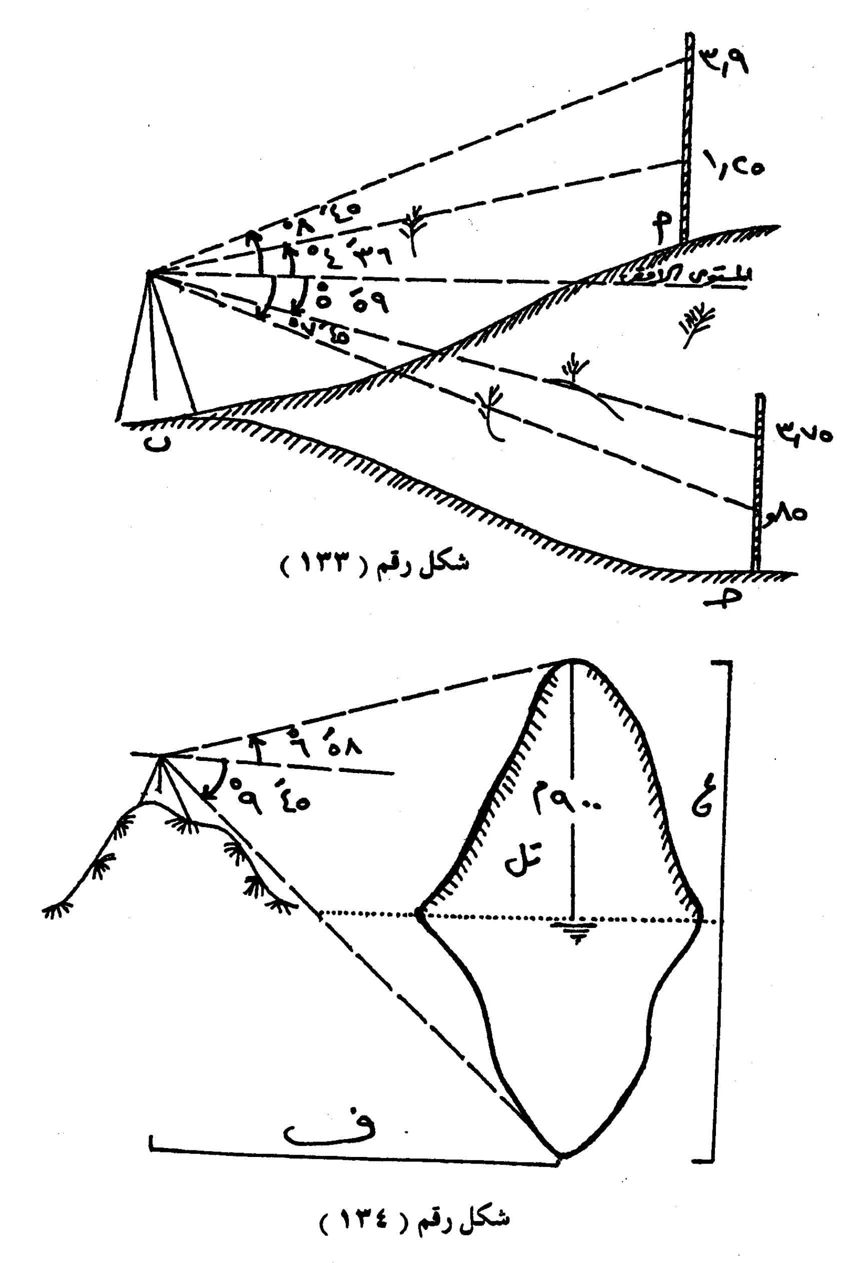
أو منسوب نقطة (أ) = ٢٠٠ + ١,٥ + ص - ١,٢٥

ص= ف ظان ص = ٣٦,١ ظا ٣٦َ ٤° = ٢,٩ متر

∴ منسوب نقطة (أ) = ٢٠٠ + ١,٥ + ٢,٩ - ١,٢٥ = ٢٠٣,١٥ متر

منسوب نقطة (جـ) = ٢٠٠ + ١,٥ - ص - ٣,٧٥

ص = ف ظان ∴ ص = ٩٢,٧ ظا ٥٩َ ٥° = ٩,٧٢ متر




شكل رقم ( ١٣٣ )

شكل رقم ( ١٣٤ )

∴ منسوب نقطة (جـ) = ٢٠٠ + ١,٥ –٩,٧٢– ٣,٧٥ = ١٨٨,٠٣متر

أو منسوب نقطة (جـ) = ٢٠٠ + ١,٥ – ص – ٠,٨٥

ص = ف ظان ∴ ص = ٩٢,٧ ظا ٤٥َ ٧° = ١٢,٦٢ متر

∴ منسوب نقطة (جـ) = ٢٠٠ + ١,٥ –١٢,٦٢– ٠,٨٥ = ١٨٨,٠٣م

معدل الانحدار بين أ ، جـ = $\frac{\text{فارق المنسوب}}{\text{المسافة الأفقية}}$

فارق المنسوب بين أ ، جـ = منسوب أ – منسوب جـ

= ٢٠٣,١٥ – ١٨٨,٠٣ = ١٥,١٢ متر

∴ معدل الانحدار = $\frac{١٥,١٢}{١٢٦,٣}$ = $\frac{١}{٨,٣٥٣}$

∴ زاوية الانحدار = ٣٦ً ٤٩َ ٦°

**مثال ٥٧ : قمة تل معلوم ارتفاعها بأنه ٩٠٠ متر فوق سطح بحيرة مجاورة له ، رصدت قمة هذا التل من الجانب الآخر للبحيرة ، وكانت زاوية ارتفاعها ٥٨َ ٦° فإذا كانت زاوية انخفاض صورة القمة في مياه البحيرة ٤٥َ ٩° ، أوجد المسافة الأفقية من الجهاز إلى التل ، اعتبر أن معامل الانكسار للماء هو نفسه للهواء .**

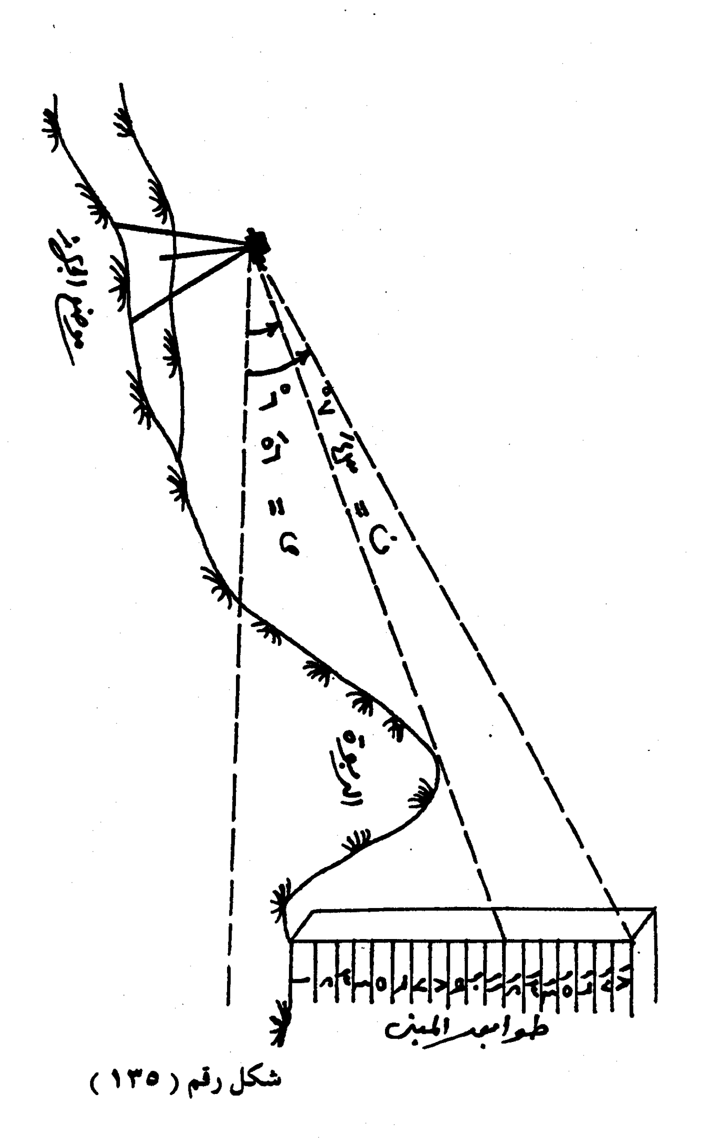
**طريقة الإجابة :–**

* لأننا قمنا برصد قمة التل بزاوية ارتفاع ثم رصدت نفس القمة في الماء بزاوية انخفاض ( شكل رقم ١٣٤) .

∴ هـ = ٩٠٠ + ٩٠٠ = ١٨٠٠ متر

∴ ف ( المسافة الأفقية ) = $\frac{١٨٠٠}{\text{ظا ٤٥َ ٩° + ظا ٥٨َ ٦°}}$ = ٦١٢٢ متر

**( مثال ٥٨) مبنى يختفي جزء منه وراء ربوة عالية تشرف على بحيرة متسعة ، ولا تظهر من هذا المبنى إلا الطوابق العليا من الثاني عشر حتى الثامن عشر ، رصدت بداية الطابق الثاني عشر بواسطة تيودوليت يوجد على الجانب الآخر من البحيرة بزاوية ارتفاع ٥٦َ ٦° ، كما رصدت نهاية الطابق الثامن عشر بزاوية ارتفاع ٤٣َ ٧° ، فإذا علمت أن ارتفاع الطابق الواحد من هذا المبنى ٤ أمتار فأحسب المسافة بين الجهاز والمبنى كذلك منسوب بداية الطابق الأول إذا علمت أن منسوب نقطة الجهاز ٢٠٠ متر وارتفاع الجهاز ١,٦٥ متر .**



شكل رقم ( ١٣٥ )

**طريقة الإجابة :-**

* المسافة الرأسية بين بداية الطابق الثاني عشر ونهاية الطابق الثامن عشر.

٧ أدوار × ارتفاع الطابق الواحد =٧ × ٤ = ٢٨م ( شكل رقم ١٣٥) .

∴ المسافة الأفقية بين المبنى والجهاز = هـ / ( ظا ن – ظا ي )

= ٢٨ م / ( ظا ٤٣ ٥٧ + ظا ٥٦ ٥٦ ) = ٢٠١٤,٧ م

* منسوب قمة المبنى = منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز + ص

= ٢٠٠ +١,٥٦ + ص

ص = ف ظان ص = ٢٠١٤,٧ × ظا ٤٣َ ٥٧ =٢٧٣ م

∴ منسوب قمة المبنى = ٢٠٠ + ١,٦٥ + ٢٧٣ = ٤٧٤,٧ متر

ولآن المبنى مكون من ثمانية عشر طابقا ∴ارتفاع المبنى = ١٨ × ٤ = ٧٢م

ويكون منسوب بداية الدور الأول ( منسوب قاعدة المبنى ) = منسوب قمة المبنى – ارتفاع المبنى

= ٤٧٤,٧ – ٧٢ متر = ٤٠٢,٧ متر

**مثال ٥٩ : أراد أحد الجغرافيين معرفة الثابت التاكيومتري للتيودوليت مزود بعدسة تحليلية فقام بقياس طول الخط أب عن طريق الشريط عدة مرات فوجد أن طوله الأفقي ٢٠٠ متر ، ثم قام بتثبيت الجهاز عند نقطة أ وبعد إجراء عمليتي التسامت والأفقية قام برصد قامة موضوعة عند ب فكانت قراءات القامة ٠,٨٩ ، ٢,٥٩ ، ٣,٢٩ عندما كان المنظار يصنع زاوية مقدارها ٤١َ ٥ً ٢٤° عن الوضع الأفقي ، فهل يمكنك مساعدته في حساب الثابت التاكيومتري لهذا الجهاز .**

**طريقة الإجابة :-**

* بما أن الجهاز مزود بعدسة تحليلية إذن ثابتة الإضافي يساوي صفر .

وتكون المسافة الأفقية = هـ × ث × جتا٢ ن

∴ ٢٠٠ = ( ٣,٢٩ – ٠,٨٩ ) × ث × جتا٢ ٤١َ ٥ً ٢٤°

∴ ث = ٢٠٠ / (٢,٤ × جتا٢ ٤١َ ٥ً ٢٤°) = ١٠٠

أي أن الثابت التاكيومتري لهذا الجهاز = ١٠٠

**مثال ٦٠ : أخذت القراءات الآتية على قامة رأسية موضوعة عند نقطتين بواسطة جهاز تيودوليت بغرض تعيين الثابت التاكيومتري والإضافي ، عين الثابتين .**

**جدول رقم (٤٢)**

| المسافة الأفقية | زاوية الارتفاع | القراءات |
|---|---|---|
| ١٥٠ متر | صفر | ١,٦١ ، ٢,٣٦ ، ٣,١١ |
| ٢٠٠ متر | ٧° | ١,٩٤ ، ٢,٩٥ ، ٣,٩٥ |

**طريقة الإجابة :-**

● المسافة الأفقية في حالة عدم وجود عدسة تحليلية بالجهاز

= هـ × ث × جتا٢ن + ك جتا ن

حيث ث الثابت التاكيومتري ، ك الثابت الإضافي

∴ ١٥٠ متر = (٣,١١ − ١,٦١) × ث × جتا٢ صفر + ك × جتا صفر

١٥٠ = ١,٥ ث + ك ..............................(١)

٢٠٠متر = ( ٣,٩٥ − ١,٨٢ ) × ث × جتا٢ ٧ + ك جتا ٧°

٢٠٠ = ٢,١٣ ث + ٠,٩٩ ك .................. (٢)

بضرب (١) في −٠,٩٩ ثم جمع (١) على (٢)

٥١,٥ = ٠,٦٤٥ ث ∴ ث = ٨٠

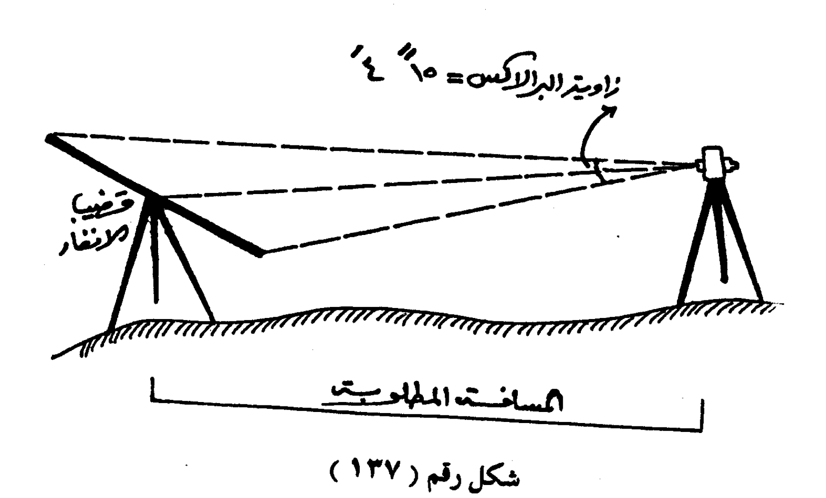
وبالتعويض في أي من المعادلتين تنتج قيمة ك ......... فبالتعويض في (١)

ك = ١٥٠ − ١,٥ × ٨٠ ∴ ك = ٣٠

**مثال ٦١ : قيس الخط أب باستعمال قضيب الأنفار فإذا كان طول الخط ٩٠٠ متر فعين زاوية البرالاكس .**

زاوية البارالاكس المطلوبة
قضيب الأنفار
جهاز التيودوليت
ب
م
ف = ٩٠٠ متر

شكل رقم ( ١٣٦ )




شكل رقم ( ١٣٧ )

طريقة الإجابة :-

المسافة الأفقية باستعمال قضيب الانفار = ظتا $\frac{1}{2}$ ن

∴ ٩٠٠ = ظتا $\frac{1}{2}$ ن ( شكل رقم ١٣٦).

∴ ظا $\frac{1}{2}$ ن = $\frac{1}{900}$

∴ $\frac{1}{2}$ ن = ٤٩ً ٣َ

وتكون زاوية البرالاكس (ن) = ٢ × ٤٩ً ٣َ = ٣٨ً ٧َ

**مثال ٦٢ : قيس خط أب باستعمال قضيب الأنفار فكانت زاوية البـــرالاكس عند أ = ١٥ً ٤َ ، أوجد طول هذا الخط .**

**طريقة الإجابة :-**

المسافة الأفقية باستعمال قضيب الانفار = ظتا $\frac{1}{2}$ ن ( شكل ١٣٧).

∴ ف = ظتا $\frac{1}{2}$ ١٥ً ٤َ ∴ ف = ٢٦,٩٥ متر

**مثال ٦٣ : قيس الخط أب باستعمال قضيب الأنفار وخط قاعـدة مســاعد على جانب واحد من الخط عند النقطة ب ، فإذا كان طـول الخـط أب هـو ٨٥٠ متر ، وطول خط القاعدة المساعد هـو ٣٠ متـر ، فعـين زاويـة البرالاكس والزاوية الموجودة عند نقطة أ ( شكل رقم ١٣٨ ) .**

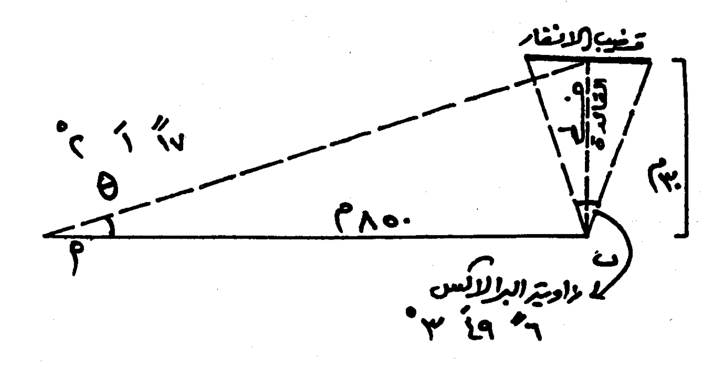
**طريقة الإجابة :-**

✱زاوية البرالاكس توجد عند نقطة ب ويمكن تقديرها كما يلي :

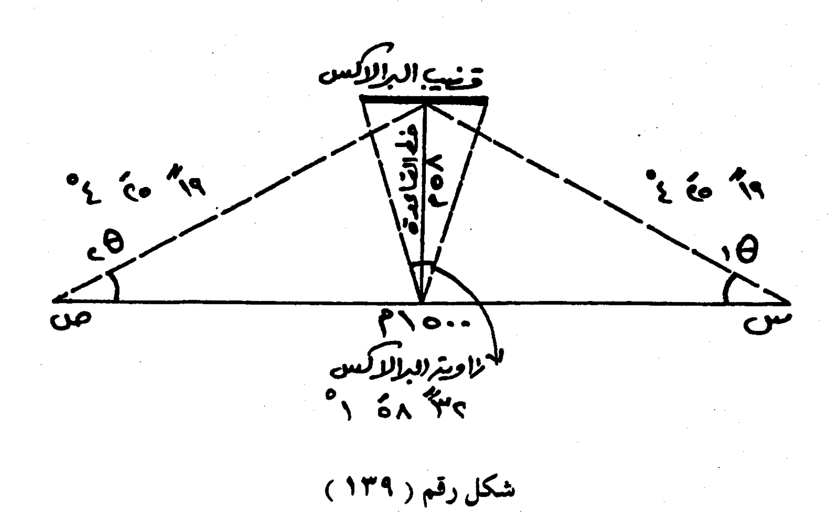
طول خط القاعدة المساعد = ظتا $\frac{1}{2}$ ن حيث ن هي زاوية البرالاكس

∴ ٣٠ متر = ظتا $\frac{1}{2}$ ن ∴ ن = ٦ْ ٤٩َ ٥٣ً

وهو المطلوب أولا




شكل رقم ( ١٣٨ )




شكل رقم ( ١٣٩ )

* يمكن حساب الزاوية الموجودة عند أ كما يلي :

$$\text{ظا أ} = \frac{\text{طول خط القاعدة المساعد}}{\text{طول الخط أب}} = \frac{30}{850}$$

∴ زاوية أ = ١٧َ ١َ ٥٢ وهو المطلوب ثانيا

**مثال ٦٤ : قيس الخط س ص باستعمال قضيب الأنفار وخط قاعدة مساعد على جانب واحد من الخط وفي منتصفه تماما ، فإذا كان طول الخط س ص هو ١٥٠٠ متر وطول خط القاعدة المساعد هو ٥.٨ متر ، فعين زاوية البرالاكس وكل من الزاويتين الموجودتين عند طرفي الخط .**

**طريقة الإجابة :-**

* تعيين زاوية البرالاكس ( شكل رقم ١٣٩) .

$$\text{طول خط القاعدة المساعد} = \text{ظتا} \frac{1}{2} \text{ن}$$

$$\therefore 58 \text{ متر} = \text{ظتا} \frac{1}{2} \text{ن} \quad \therefore \text{ن} = 32° \ 58' \ 51''$$

* يمكن حساب الزاوية الموجودة عند طرفي الخط كما يلي :

بما أن طول الخط = ١٥٠٠ متر وخط القاعدة فى منتصفه تماما

$$\text{إذن المسافة من أحد طرفي الخط حتى خط القاعدة} = \frac{1500}{2} = 750 \text{ متر}$$

$$\text{ظا س أو ظا ص} = \frac{\text{طول خط القاعدة}}{\text{نصف طول الخط س}}$$

$$\therefore \text{ظا الزاوية عند س أو ص} = \frac{58}{750}$$

∴ مقدار الزاوية عند أحد الطرفين = ١٩َ ٢٥َ ٥٤

**مثال ٦٥ : رصدت نقط المضلع أ ب جـ د هـ من نقطة مركزية م فكانت الاتجاهات كما هو مبين في الجدول التالي ، والمطلوب حساب الزوايا المصححة بين الاتجاهات .**

**جدول رقم (٤٣)**

| النقطة | المتيامن | | | المتياسر | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | ٢١ | ١٥ | ٥٩ | ٤٠ | ١٦ | ١٨٩° |
| ب | ٤٨ | ٢٤ | ٦٧ | ٠٠ | ٢٥ | ٢٤٧ |
| جـ | ٢٢ | ٥٨ | ١٢٣ | ٤١ | ٥٩ | ٣٠٣ |
| د | ٢١ | ١٢ | ١٩٧ | ٤٢ | ١٢ | ١٧ |
| هـ | ٣٧ | ٤٧ | ٢٣١ | ٤٥ | ٤٦ | ٥١ |
| أ | ١٩ | ١٣ | ٩ | ٢٠ | ١٤ | ١٨٩ |

**طريقة الإجابة :-**

أ- نكون الجدول التالي رقم (٤٤ ) .

ب- في عمود المتوسط نضع قيمة درجات المتيامن كذلك متوسط الدقائق والثواني للمتيامن والمتياسر .

جـ- في العمود الرابع ( الاتجاه) نقوم بتصفير الاتجاه الأول وطرح قيمته الفعلية من الاتجاهات الأخرى إذا كان الفرق بين الاتجاه الأول من الجهاز إلى أ وبين الاتجاه الأخير ( وهو أيضا الاتجاه من الجهاز إلى نقطة أ ) يساوي صفر فإن الاتجاهات في هذه الحالة تكون مصححة ، ويمكن استخراج قيم الزوايا الأفقية منها مباشرة .

د- أما إذا كان الفرق بين الاتجاه الأول والأخير قيمة سالبة أو موجبة تغير إشارتها ، ثم تحسب قيمة التصحيح في كل اتجاه في عمود التصحيح ، وفي مثالنا هذا يكون مقدار التصحيح لكل اتجاه كما يلي :

لأن عدد الاتجاهات ٦ ∴ المقام يكون ٦-١ =٥ وعليه يكون

التصحيح للاتجاه الأول = $\frac{\text{صفر × قيمة الخطأ}}{٥} = \frac{\text{صفر × -١١ ٢}}{٥}$ = صفر

التصحيح للاتجاه الثاني = $\frac{\text{-١ × قيمة الخطأ}}{٥} = \frac{\text{-١× (-١١ ٢)}}{٥}$ =+٢٦ً

التصحيح للاتجاه الثالث= $\frac{\text{-٢ × قيمة الخطا}}{٥} = \frac{\text{-٢ × (-١١ ٢)}}{٥}$

# جدول رقم (٤٤)

| | المتيامن | المتياسر | المتوسط | الاتجاه | التصحيح | الاتجاه للمصحح | الزاوية |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | ٢١″ ١٥′ ٩° | ٤٠″ ١٦′ ١٨٩° | ١″ ١٦′ ٩° | ٠٠″ ٠٠′ ٠٠° | ٠ | ٠٠″ ٠٠′ ٠٠° | |
| | | | | | | | ١٩ ٩ ٥٨° |
| ب | ٤٨ ٢٤ ٦٧ | ٠٠ ٢٥ ٢٤٧ | ٥٤ ٢٤ ٦٧ | ٥٣ ٨ ٥٨ | ٥/١ الخطأ | ١٩ ٩ ٥٨ | |
| | | | | | | | ٣٤ ٣٤ ٥٦ |
| جـ | ٢٢ ٥٨ ١٢٣ | ٤١ ٥٩ ٣٠٣ | ٢ ٥٩ ١٢٣ | ١ ٤٣ ١١٤ | ٥/٢ | ٥٣ ٤٣ ١١٤ | |
| | | | | | | | ٥٧ ١٣ ٧٣ |
| د | ٢١ ١٢ ١٩٧ | ٤٢ ١٢ ١٧ | ٣٢ ١٢ ١٩٧ | ٣١ ٥٦ ١٨٧ | ٥/٣ | ٥٠ ٥٧ ١٨٧ | |
| | | | | | | | ٥ ٣٥ ٣٤ |
| هـ | ٣٧ ٤٧ ٢٣١ | ٤٥ ٤٦ ٥١ | ١١ ٤٧ ٢٣١ | ١٠ ٣١ ٢٢٢ | ٥/٤ | ٥٥ ٣٢ ٢٢٢ | |
| | | | | | | | ٥ ٢٧ ١٣٧ |
| أ | ١٩ ١٣ ٩ | ٢٠ ١٤ ١٨٩ | ٥٠ ١٣ ٩ | ٤٩ ٥٧ ٣٥٩ | ٥/٥ | ٠٠ ٠٠ ٣٦٠ | |
| | | | | | ٢ ١١+ | | ٠٠ ٠٠ ٣٦٠° |

التصحيح للاتجاه الرابع= (-٣ × قيمة الخطأ) / ٥ = (-٣ × (-١١ ٢)) / ٥

=+٥٢̋

التصحيح للاتجاه الخامس= (-٤ × مقدار الخطأ) / ٥ = (-٤ × (-١١ ٢)) / ٥

=+١̀١٨̋

التصحيح للاتجاه السادس= (-٥ × مقدار الخطأ) / ٥ = (-٥ × (-١١ ٢)) / ٥

=+٤٤ ١̀

=+١١ ١̀

هـ) نقوم بطرح الاتجاه المصحح الأول من الثاني ، والثاني من الثالث ، والثالث من الرابع ، والرابع من الخامس ، والخامس من السادس حتى نحصل على الزوايا المصححة بين الاتجاهات ، ويكون عدد الزوايا = ( هـ - ١ ) .

حيث هـ = عدد الاتجاهات

ولآن عدد الاتجاهات في هذا المثال ٦ ∴ عدد الزوايا لابد وأن تكون ٥

وفي جميع الحالات لابد أن يكون مجموع الزوايا الناتجة ٣٦٠°

**مثال ٦٦ : أ ب جـ د هـ و ك م أ مضلع مقفل ، المطلوب حساب إحداثياته نقطه المصححة إذا علم إن إحداثيات نقطة (أ) هي ( + ١٠٠٠ ، + ٤٠٠ ) وإن انحراف الخط أب هو ١٨َ ٢٤٦° والأرصاد للزوايا وأطوال الأضلاع مبينة بالجدول رقم (٤٥) .**

**خطوات الحل :**

**١- رسم كروكي للمضلع المقفل أ ب جـ د هـ و ك م أ .**

**٢- إيجاد خطأ القفل الزاوي وتصحيحه :**

مجموع الزوايا المقاسة = ٢َ ١٠٨٠°

المجموع النظري للزوايا الداخلية = ٩٠ ( ٢ن -٤ ) = ١٠٨٠°

∴ خطأ القفل الزاوي = ٢َ ١٠٨٠° - ١٠٨٠°= ٢َ

الخطأ المسموح به في ترافيرسات التيودوليت المقفلة = ٧٠̋ √ن

= ٧٠̋ √٨ = ١َ٨ ٣

وبالمقارنة بين خطأ القفل الزاوي والخطأ المسموح بـه نجـد أن الأول أقل من الثاني وبالتالي يمكن استكمال تصحيح أرصاد المضلع .

جدول رقم (٤٥)

| النقطة | الضلع | الطول (بالمتر) | الزاوية المرصودة | |
|---|---|---|---|---|
| أ | | | ٣٤ | ٨٤° |
| | أ ب | ٢١٦ | | |
| ب | | | ١٦ | ١٨٩ |
| | ب جـ | ١٩٩ | | |
| جـ | | | ٣٣ | ٩٣ |
| | جـ د | ٢٤٠ | | |
| د | | | ٣٠ | ٩١ |
| | د هـ | ١٣٠ | | |
| هـ | | | ٨ | ١٧٠ |
| | هـ و | ٢٢٩ | | |
| و | | | ٣٤ | ٢٠٠ |
| | و ك | ١٣٠ | | |
| ك | | | ٢١ | ٥٧ |
| | ك م | ١٥٧ | | |
| أ | | | ٦ | ١٩٣ |
| | م أ | ١٥٢ | | |

قيمة التصحيح لكل زاوية = (−٢ / ٨) = − ١٥″

٣- إيجاد الانحرافات :

انحراف أ ب = ١٨′ ٢٤٦°

انحراف ب جـ = ١٨′ ٢٤٦° – ١٨٠° – ٤٥″ ١٥′ ١٨٩° = ١٥″ ٢′ ٢٣٧°

انحراف جـ د = ١٥″ ٢′ ٢٣٧° – ١٨٠° – ٤٥″ ٣٢′ ٩٣° = ٣٠″ ٢٩′ ٣٢٣°

انحراف د هـ = ٣٠″ ٢٩′ ٣٢٣° – ١٨٠° – ٤٥″ ٢٩′ ٩١° = ٤٥″ ٥٩′ ٥١°

انحراف هـ و = ٤٥″ ٥٩′ ٥١° + ١٨٠° – ٤٥″ ٧′ ١٧٠° = ٠٠″ ٥٢′ ٦١°

انحراف وك = ٠٠″ ٥٢′ ٦١° + ١٨٠° – ٤٥″ ٣٣′ ٢٠٠° = ١٥″ ١٨′ ٤١°

انحراف ك م = ١٥″ ١٨′ ٤١° + ١٨٠° – ٤٥″ ٢٠′ ٥٧° = ٣٠″ ٥٧′ ١٦٣°

انحراف م أ = ٣٠ً ٥٧َ ١٦٣° + ١٨٠° − ٤٥ً ٥َ ١٩٣° = ٤٥ً ٥١َ ١٥٠°

انحراف أ ب = ٤٥ً ٥١َ ١٥٠° + ١٨٠° − ٤٥ً ٣٣َ ٨٤° = ١٨َ ٢٤٦°

**جدول رقم (٤٦)**

| الزوايا المقاسة | | الزوايا المصححة | | |
|---|---|---|---|---|
| ٣٤َ | ٨٤° | ٤٥ | ٣٣َ | ٨٤° |
| ١٦ | ١٨٩ | ٤٥ | ١٥ | ١٨٩ |
| ٣٣ | ٩٣ | ٤٥ | ٣٢ | ٩٣ |
| ٣٠ | ٩١ | ٤٥ | ٢٩ | ٩١ |
| ٨ | ١٧٠ | ٤٥ | ٧ | ١٧٠ |
| ٣٤ | ٢٠٠ | ٤٥ | ٣٣ | ٢٠٠ |
| ٢١ | ٥٧ | ٤٥ | ٢٠ | ٥٧ |
| ٦ | ١٩٣ | ٤٥ | ٥ | ١٩٣ |

**٤- إيجاد مركبات الأضلاع :**

عن طريق طول الضلع وانحرافه يمكن الحصول على مركباته الأفقية والرأسية المركبة الأفقية للضلع = ل جا هـ المركبة الرأسية = ل جتا هـ

**٥- إيجاد خطأ القفل الضلعي وتصحيحه :**

المركبة الأفقية لخطأ القفل = + ٠,٠٤

المركبة الرأسية لخطأ القفل = −٠,١٦ انظر الجدول رقم (٤٧)

∴ مقدار خطأ القفل = $\sqrt{(٠,٠٤)^{٢} + (٠,١٦)^{٢}}$ = ٠,١٦٥ متر

نسبة خطأ القفل المسموح به في المدن = $\frac{١}{٢٠٠٠}$

نسبة خطأ القفل في المضلع = $\frac{٠,١٦٥}{١٤٥٣}$ = $\frac{١}{٨٨٠٦}$

**أي أن الخطأ مسموح به ويمكننا استكمال تصحيح الأرصاد .**

التصحيح لمركبة الخط أ ب الأفقية = - ٠,٠٤ × $\frac{٢١٦}{١٤٥٣}$ = - ٠,٠١

التصحيح لمركبة الخط ب جـ الأفقية = - ٠,٠٤ × $\frac{١٩٩}{١٤٥٣}$ = - ٠,٠١

التصحيح لمركبة الخط جـ د الأفقية = - ٠,٠٤ × $\frac{٢٤٠}{١٤٥٣}$ = - ٠,٠١

التصحيح لمركبة الخط د هـ الأفقية = - ٠,٠٤ × $\frac{١٣٠}{١٤٥٣}$ = صفر

التصحيح لمركبة الخط هـ و الأفقية = - ٠,٠٤ × $\frac{٢٢٩}{١٤٥٣}$ = - ٠,٠١

التصحيح لمركبة الخط وك الأفقية = - ٠,٠٤ × $\frac{١٣٠}{١٤٥٣}$ = صفر

التصحيح لمركبة الخط ك م الأفقية = - ٠,٠٤ × $\frac{١٥٧}{١٤٥٣}$ = صفر

التصحيح لمركبة الخط م أ الأفقية = - ٠,٠٤ × $\frac{١٥٢}{١٤٥٣}$ = صفر

التصحيح لمركبة الخط أب الرأسية = + ٠,١٦ × $\frac{٢١٦}{١٤٥٣}$ = + ٠,٠٢

التصحيح لمركبة الخط ب جـ الرأسية = + ٠,١٦ × $\frac{١٩٩}{١٤٥٣}$ = + ٠,٠٢

التصحيح لمركبة الخط جـ د الرأسية = + ٠,١٦ × $\frac{٢٤٠}{١٤٥٣}$ = + ٠,٠٣

التصحيح لمركبة الخط د هـ الرأسية = + ٠,١٦ × $\frac{١٣٠}{١٤٥٣}$ = + ٠,٠١

## جدول رقم (٤٧)

| النقطة | الضلع | الانحراف | | | الطول | المركبات غير المصححة | | مقدار التصحيح | | المركبات المصححة | | الإحداثيات | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | الأفقية | الرأسية | الأفقية | الرأسية | الأفقية | الرأسية | الأفقية | الرأسية |
| أ | | | | | | | | | | | | ١٠٠٠ + | ٤٠٠ + |
| | أ ب | ٤٠ | ١٨´ | ٢٤٦° | ٢١٦ | ١٩٧,٧٨- | ٨٦,٨٢- | ٠,٠١- | ٠,٠٢+ | ١٩٧,٧٩- | ٨٦,٨٠- | | |
| ب | | | | | | | | | | | | ٨٠٢,٢١ | ٣١٣,٢ |
| | ب جـ | ١٥ | ٢ | ٢٣٧ | ١٩٩ | ١٦٦,٩٧- | ١٠٨,٢٧- | ٠,٠١- | + ٠,٠٢ | ١٦٦,٩٨- | ١٠٨,٢٥- | | |
| جـ | | | | | | | | | | | | ٦٣٥,٢٣ | ٢٠٤,٩٥ |
| | جـ د | ٣٠ | ٢٩ | ٣٢٣ | ٢٤٠ | ١٤٢,٧٩- | ١٩٢,٩+ | ٠,٠١- | + ٠,٠٣ | ١٤٢,٨٠- | ١٩٢,٩٣+ | | |
| د | | | | | | | | | | | | ٤٩٢,٤٣ | ٣٩٧,٨٨ |
| | د هـ | ٤٥ | ٥٩ | ٥١ | ١٣٠ | ١٠٢,٤٤+ | ٨٠,٠٤+ | صفر | + ٠,٠١ | ١٠٢,٤٤+ | ٨٠,٠٥+ | | |
| هـ | | | | | | | | | | | | ٥٩٤,٨٧ | ٤٧٧,٩٣ |
| | هـ و | ٠٠ | ٥٢ | ٦١ | ٢٢٩ | ٢٠١,٩٤+ | ١٠٧,٩٨+ | ٠,٠١- | + ٠,٠٣ | ٢٠١,٩٣+ | ١٠٨,٠١+ | | |
| و | | | | | | | | | | | | ٧٩٦,٨ | ٥٨٥,٩٤ |
| | و ك | ١٥ | ١٨ | ٤١ | ١٣٠ | ٨٥,٨١+ | ٩٧,٦٦+ | صفر | + ٠,٠١ | + ٨٥,٨١ | + ٩٧,٦٧ | | |
| ك | | | | | | | | | | | | ٨٨٢,٦١ | ٦٨٣,٦١ |
| | ك م | ٣٠ | ٥٧ | ١٦٣ | ١٥٧ | + ٤٣,٣٨ | - ١٥٠,٨٩ | صفر | + ٠,٠٢ | + ٤٣,٣٨ | - ١٥٠,٨٧ | | |
| م | | | | | | | | | | | | ٩٢٥,٩٩ | ٥٣٢,٧٤ |
| | م أ | ٤٥ | ٥١ | ١٥٠ | ١٥٢ | + ٧٤,٠١ | - ١٣٢,٧٦ | صفر | + ٠,٠٢ | + ٧٤,٠١ | - ١٣٢,٧٤ | | |
| أ | | | | | | | | | | | | ١٠٠٠+ | ٤٠٠+ |
| | | | | | ١٤٥٣ | + ٠,٠٤ | - ٠,١٦ | | | | | | |

التصحيح لمركبة الخط هـ و الرأسية = + ٠,١٦ × $\frac{٢٢٩}{١٤٥٣}$ = + ٠,٠٣

التصحيح لمركبة الخط و ك الرأسية = + ٠,١٦ × $\frac{١٣٠}{١٤٥٣}$ = + ٠,٠١

التصحيح لمركبة الخط ك م الرأسية = + ٠,١٦ × $\frac{١٥٧}{١٤٥٣}$ = + ٠,٠٢

التصحيح لمركبة الخط م أ الرأسية = + ٠,١٦ × $\frac{١٥٢}{١٤٥٣}$ = + ٠,٠٢

**٦- إيجاد إحداثيات النقط :**

بمعلومية إحداثيات نقطة ( أ ) الأفقية والرأسية كذلك بمعلومية المركبات المصححة لأضلاع الترافيرس يمكن استنتاج إحداثيات باقي النقط عن طريق الجمع المتتالي ( انظر الجدول السابق) .

**مثال ٦٧ : الشكل رقم (١٤٠) يبين ترافيرس يصل بين مضلعي شبكة مثلثات . فإذا كانت إحداثيات نقطة ب هي ٤٥٦١٧,١ شرقا ، ٣٥٧٠٩,٥ شمالا، وإحداثيات هـ هي ٤٦١٦٣,٩ شرقا ، ٣٥٤٤٢,٩ شمالا فاحسب الاحداثيات المصححة لنقط الترافيرس علما بأن انحراف أب = ١٩َ ٤٨° ، وانحراف هـ و = ٣٣َ ١٣٨° وأن انحدار ب جـ = ١ : ٦ والطول المبين على المائل .**

**طريقة الإجابة :**

**١- إيجاد خطأ القفل الزاوي :**

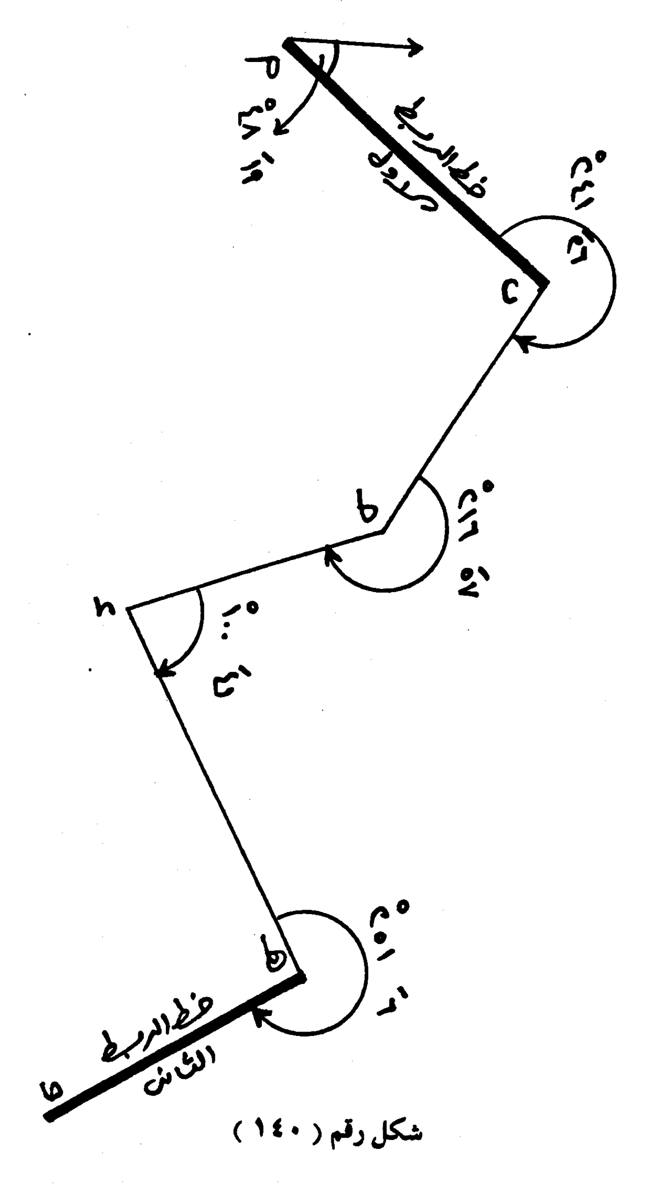
انحراف خط الربط الأول = ١٩َ ٤٨°

انحراف خط الربط الثاني = ٣٣َ ١٣٨°

∴ مقدار خطأ القفل

= مجموع الزوايا المقاسة – [ انحراف خط الربط الثاني – انحراف خط الربط الأول + ١٨٠° ( عدد الأضلاع – ١ ) ]

= ١٠َ ٨١٠° – [ ٣٣َ ١٣٨° – ١٩َ ٤٨° + ١٨٠° (٥-١) ] = -٤َ




شكل رقم ( ١٤٠ )

**٢- نقوم بتصحيح الزوايا المقاسة بناء على مقدار خطأ القفل :**

التصحيح لكل زاوية = مقدار خطأ القفل / عدد الزوايا = (- ٤) / ٤ = + ١َ

**( لاحظ الإشارة المخالفة )**

**جدول رقم (٤٨)**

| الزوايا المقاسة | | الزوايا المصححة | |
|---|---|---|---|
| ٢٦ | ٢٤١° | ٢٧ | ٢٤١° |
| ٥٧ | ٢١٦ | ٥٨ | ٢١٦ |
| ٤١ | ١٠٠ | ٤٢ | ١٠٠ |
| ٦ | ٢٥١ | ٧ | ٢٥١ |

**٣- نقوم بحساب انحرافات الأضلاع**

عن طريق انحراف خط الربط الأول والزوايا بين الأضلاع يمكن حساب انحرافات باقي الخطوط .

انحراف أ ب = ١٩َ ٤٨°

انحراف ب جـ = ١٩َ ٤٨° + ١٨٠° + ٢٧َ ٢٤١° = ٤٦َ ١٠٩°

انحراف جـ د = ٤٦َ ١٠٩° + ١٨٠° + ٥٨َ ٢١٦° = ٤٤َ ١٤٦°

انحراف د هـ = ٤٤َ ١٤٦° + ١٨٠° + ٤٢َ ١٠٠° = ٢٦َ ٦٧°

انحراف هـ و = ٢٦َ ٦٧° + ١٨٠° + ٧َ ٢٥١° = ٣٣َ ١٣٨°

**٤- إيجاد مركبات الأضلاع غير المصححة .**

عن طريق الانحرافات وأطوال الأضلاع يمكن الحصول على مركبات الأضلاع الأفقية والرأسية ، إلا أنه ينبغي أن تكون جميع أطوال الأضلاع أفقية تماما وهذا ما نجده متوفرا في الأضلاع فيما عدا الضلع ب جـ حيث أن نسبة انحداره ١ :٦ وطوله على المائل ٢٨١,٦ متر .

∴ لابد من تحويله إلى طوله الأفقي

ظا هـ = ١ / ٦ ∴ زاوية الانحدار = ٤٤ً ٢٧َ ٩°

$\frac{ف}{٢٨١,٦م}$ = جتا ٤٤ ٢٧ ٩° ∴ ف = ٢٧٧,٧٧ م

**حل آخر**

$$\text{طول الخط الأفقي} = \frac{\text{الطول على المائل} \times \text{نسبة الطول الأفقي}}{\sqrt{(\text{نسبة الطول الأفقي})^2 + 1}}$$

$$\text{طول ب جـ الأفقي} = ٢٨١,٦ \times \frac{٦}{\sqrt{٦ \times ٦ + ١}} = ٢٧٧,٧٧$$

بعد ذلك نأتي بمركبات الأضلاع غير المصححة عن طريق

المركبة الأفقية = ل جا هـ المركبة الرأسية = ل جتا هـ

**٥- إيجاد خطأ القفل الضلعي وتصحيحه وإيجاد الإحداثيات**

مركبة خطأ القفل الضلعي الأفقية (س) = الإحداثي الأفقي لنقطة ب + مجموع المركبات الأفقية – الإحداثي الأفقي لنقطة هـ

= ٤٥٦١٧,١ + ٥٤٦,٤٥ – ٤٦١٦٣,٩ = – ٠,٣٥

مركبة خطأ القفل الضلعي الرأسية (ص) = الإحداثي الرأسي لنقطة ب + مجموع المركبات الرأسية – الإحداثي الرأسي لنقطة هـ

= ٣٥٧٠٩,٥ – ٢٦٦,١٩ – ٣٥٤٤٢,٩ = + ٠,٤١

ويكون خطأ القفل الضلعي = $\sqrt{(٠,٣٥)^2 + (٠,٤١)^2}$ = ٠,٤٥ متر

## جدول رقم (٤٩)

| النقطة | الضلع | الانحراف | الطول | المركبات غير المصححة | | مقدار التصحيح | | المركبات المصححة | | الإحداثيات | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | الأفقية | الرأسية | الأفقية | الرأسية | الأفقية | الرأسية | الأفقية | الرأسية |
| ب | | | | | | | | | | ٤٥٦١٧,١ | ٣٥٧٠٩,٥ |
| | ب جـ | ١٠٩° ٤٦' | ٢٧٧,٧٧ | + ٢٦١,٤ | - ٩٣,٩٤ | + ٠,١٤ | - ٠,١٦ | ٢٦١,٥٤ | - ٩٤,١ | | |
| جـ | | | | | | | | | | ٤٥٨٧٨,٦٤ | ٣٥٦١٥,٤ |
| | جـ د | ١٤٦° ٤٤' | ٢٧٣,٢ | + ١٤٩,٨٦ | - ٢٢٨,٤٣ | + ٠,١٤ | - ٠,١٦ | ١٥٠,٠٠ | - ٢٢٨,٥٩ | | |
| د | | | | | | | | | | ٤٦٠٢٨,٦٤ | ٣٥٣٨٦,٨١ |
| | د هـ | ٦٧° ٢٦' | ١٤٦,٤ | + ١٣٥,١٩ | + ٥٦,١٨ | + ٠,٠٧ | - ٠,٠٩ | ١٣٥,٢٦ | + ٥٦,٠٩ | | |
| هـ | | | | | | | | | | ٤٦١٦٣,٩ | ٣٥٤٤٢,٩ |
| | | | ٦٩٧,٣٧ | ٥٤٦,٤٥ | - ٢٦٦,١٩ | | | | | | |

خطأ القفل المسموح به في الأرياف = ٢٥ + ٠,٠٣١ ل + ١,١٣ √ل

خطأ القفل المسموح به في الأرياف = ٧٦,٥ سم = ٠,٧٦٥ متر

ولأن خطأ القفل الضلعي أقل من الخطأ المسموح به في الأرياف حيث أن الأول ٠,٥٤ متر ، والثاني ٠,٧٦٥ متر إذن يمكننا تصحيح المركبات الأفقية والرأسية لإيجاد إحداثيات النقط بعد ذلك .

التصحيح لمركبة ب جـ الأفقية = + ٠,٣٥ × $\frac{٢٧٧,٧٧}{٦٩٧,٣٧}$ = + ٠,١٤

التصحيح لمركبة جـ د الأفقية = + ٠,٣٥ × $\frac{٢٧٣,٢}{٦٩٧,٣٧}$ = + ٠,١٤

التصحيح لمركبة د هـ الأفقية = + ٠,٣٥ × $\frac{١٤٦,٤}{٦٩٧,٣٧}$ = + ٠,٠٧

التصحيح لمركبة ب ج الرأسية = - ٠,٤١ × $\frac{٢٧٧,٧٧}{٦٩٧,٣٧}$ = - ٠,١٦

التصحيح لمركبة جـ د الرأسية = - ٠,٤١ × $\frac{٢٧٣,٢}{٦٩٧,٣٧}$ = - ٠,١٦

التصحيح لمركبة د هـ الرأسية = - ٠,٤١ × $\frac{١٤٦,٤}{٦٩٧,٣٧}$ = - ٠,٠٩

٦- إيجاد إحداثيات النقط :

وبإضافة المركبات المصححة لإحداثيات نقطة ب نحصل على الإحداثيات الصحيحة لباقي نقط المضلع .

**مثال ٦٨ : الشكل رقم (١٤١) يبين ترافيرس يصل بين مضلعي شبكة مثلثات ، فإذا كانت إحداثيات نقطة ب هي ( صفر ، صفر ) وإحداثيات هـ هي ٢١٠ شرقا ، ٦٧شمالا فاحسب الاحداثيات المصححة لنقط الترافيرس علما بأن انحراف أب = ١٨٠° ، وانحراف هـ و = ٩٠° .**

**طريقة الإجابة :-**

**١- نكون الجدول التالي رقم (٥٠ )**

**٢- تحديد انحرافات الأضلاع :**

يمكن تحديد انحرافات الأضلاع بواسطة انحراف الضلع الأول والزوايا بين أضلاع الترافيرس : انحراف أ ب = ١٨٠°

انحراف ب جـ = ١٨٠° - ١٨٠° + ٢َ ٩٠° = ٢َ ٩٠°

انحراف جـ د = ٢َ ٩٠° + ١٨٠° + ١٢َ ٢١٦° = ١٤َ ١٢٦°

انحراف د هـ = ١٤َ ١٢٦° + ١٨٠° + ٥٨َ ٨٩° = ١٢َ ٣٦°

انحراف هـ و = ١٢َ ٣٦° + ١٨٠° + ٥٦َ ٢٣٣° = ٨َ ٩٠°

**٣- خطأ القفل الزاوي = انحراف هـ و المحسوبة - انحراف هـ و المعلوم**

**= ٨َ ٩٠° - ٤َ ٩٠° = ٤َ**

مقدار الخطأ المسموح به = ٢ و √ن = ٢ × ٦٠ √٤ = ٢٤٠ً = ٦َ

∴ الخطأ مسموح به ويمكن إجراء عملية التصحيح .

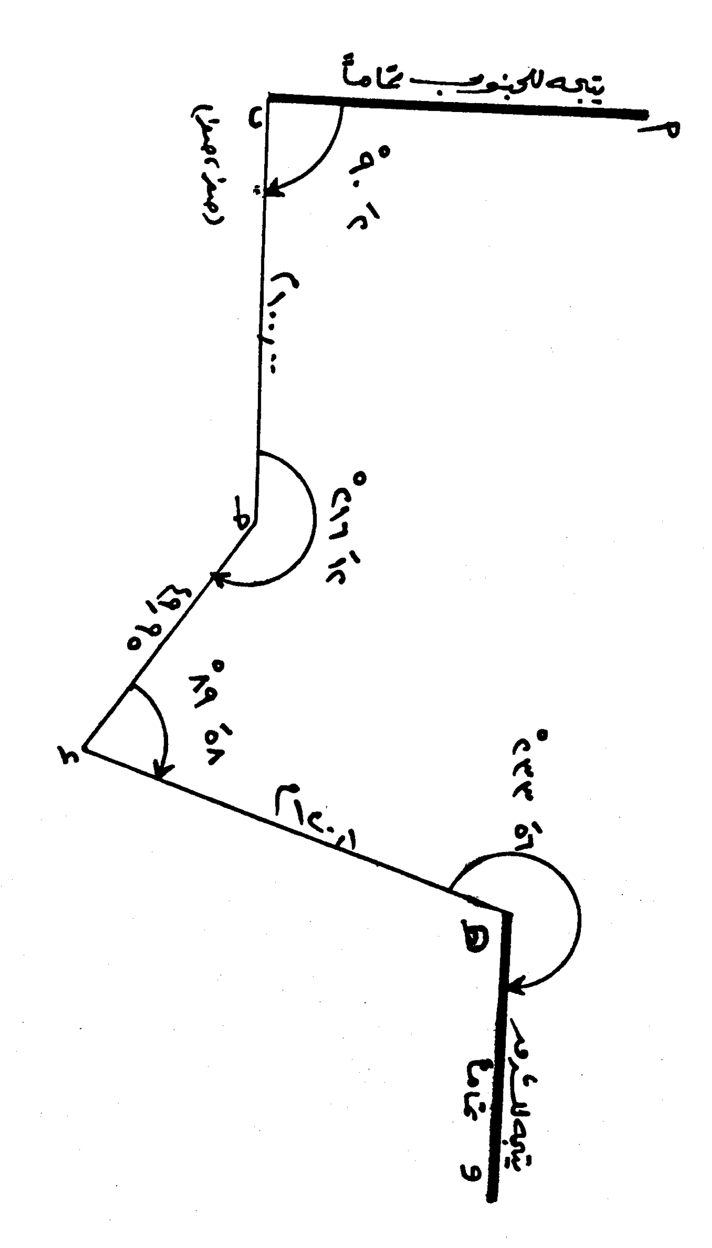
التصحيح لانحراف خط الربط الأول أ ب = (-٤ / عدد الزوايا (٤)) ×صفر=صفر

التصحيح لانحراف خط الترافيرس الأول ب جـ = (-٤ / ٤) × ١ = ١َ

التصحيح لانحراف خط الترافيرس الثاني جـ د = (-٤ / ٤) × ٢ = ٢َ

التصحيح لانحراف خط الترافيرس الثالث د هـ = (-٤ / ٤) × ٣ = ٣َ

التصحيح لانحراف خط الربط الثاني هـ و = (-٤ / ٤) × ٤ = ٤َ



م
يتجه للجنوب تماماً
ب
(صفر، صفر)
٩٠° ٢َ
٦٠٠,٠٠م
جـ
٢١٦° ٢َ
٤٩,٩٥
د
٨٩° ٥٨َ
١٤٠,٠١م
هـ
٣٣٣° ٥٦َ
يتجه للشرق تماماً
و

٤- حساب المركبات الأفقية والرأسية غير المصححة :

المركبة الأفقية = ل جا هـ     المركبة الرأسية = ل جتا هـ

٥- حساب الإحداثيات غير المصححة :

المعلوم عندنا الإحداثيات الأفقية والرأسية للنقطة ب لذلك يمكننا حساب الإحداثيات الأفقية والرأسية غير المصححة لجميع النقط الباقية عن طريق جمع مركباتها بالتوالي على احداثيات النقطة المعلومة .

٦- حساب مقدار خطأ القفل :

المركبة الأفقية لخطأ القفل = ٢١١,١٤ – ٢١٠ = ١,١٤ .

المركبة الرأسية لخطأ القفل = ٦٧,٣٤ – ٦٧ = ٠,٣٤ .

∴ مقدار خطأ القفل = $\sqrt{(١,١٤)^2 + (٠,٣٤)^2}$ = ١,١٩ .

المسموح به في الأرياف = ٢٥ + ٠,٠٣١ ل + ١,١٣ $\sqrt{ل}$

∴ المسموح به في الأرياف = ٢٥ + ٠,٠٣١ × ٢٧٠ + ١,١٣ $\sqrt{٢٧٠}$ = ٥٢سم

∴ الخطأ غير مسموح به ويجب إعادة الأرصاد ، أما إذا كان مسموحا به فيمكننا تكملة تصحيح الأرصاد لحساب إحداثيات النقط كما يلي .

٧- التصحيح لإحداثيات النقط :

تصحيح الإحداثي الأفقي للنقطة = – مركبة الخطأ الأفقية ×

$$\frac{\text{مجموع أطوال أضلاع الترافيرس السابقة للنقطة}}{\text{المجموع الكلي لأطوال أضلاع الترافيرس}}$$

تصحيح الإحداثي الأفقي للنقطة ب = – ١,١٤ × $\frac{\text{صفر}}{\text{٢٧٠ متر}}$ = صفر

تصحيح الإحداثي الأفقي للنقطة جـ = – ١,١٤ × $\frac{\text{١٠٠م}}{\text{٢٧٠م}}$ = – ٠,٤٢

تصحيح الإحداثي الأفقي للنقطة د = – ١,١٤ × $\frac{\text{١٥٠م}}{\text{٢٧٠ م}}$ = – ٠,٦٣

## جدول رقم (٥٠)

| النقطة | الضلع | الانحراف | التصحيح | الانحرافات المصححة | الطول | المركبات غير المصححة | | الإحداثيات غير المصححة | | التصحيح للإحداثيات | | الإحداثيات المصححة | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | أفقية | راسية | أفقية | راسية | أفقية | راسية | أفقية | راسية |
| أ | | | | | | | | | | | | | |
| | أ ب | ٠٠َ ١٨٠° | ٠٠ | ٠٠ ١٨٠° | | | | | | | | | |
| ب | | | | | | | | صفر | صفر | صفر | صفر | صفر | صفر |
| | ب جـ | ٢َ ٩٠° | ١- | ١ ٩٠° | ١٠٠ | + ١٠٠ | - ٠,٠٣ | | | | | | |
| جـ | | | | | | | | ١٠٠ | - ٠,٠٣ | - ٠,٤٢ | - ٠,١٣ | ٩٩,٥٨ | - ٠,١٦ |
| | جـ د | ١٤َ ١٢٦° | ٢- | ١٢ ١٢٦° | ٥٠ | + ٤٠,٣٥ | - ٢٩,٥٣ | | | | | | |
| د | | | | | | | | ١٤٠,٣٥ | - ٢٩,٥٦ | - ٠,٦٣ | - ٠,١٩ | ١٣٩,٧٢ | - ٢٩,٣٧ |
| | د هـ | ١٢َ ٣٦° | - ٣ | ٩ ٣٦° | ١٢٠ | + ٧٠,٧٩ | + ٩٦,٩ | | | | | | |
| هـ | | | | | | | | ٢١١,١٤ | ٦٧,٣٤ | - ١,١٤ | - ٠,٣٤ | ٢١٠ | ٦٧ |
| | هـ و | ٨َ ٩٠° | - ٤ | ٤ ٩٠° | | | | | | | | | |
| و | | | | | | | | | | | | | |

تصحيح الإحداثي الأفقي للنقطة هـ = - ١,١٤ × $\frac{\text{٢٧٠م}}{\text{٢٧٠م}}$ = - ١,١٤

تصحيح الإحداثي الرأسي للنقطة = - المركبة الخطأ الرأسية × $\frac{\text{مجموع أطوال أضلاع الترافيرس السابقة للنقطة}}{\text{المجموع الكلي لأطوال أضلاع الترافيرس}}$

تصحيح الإحداثي الرأسي للنقطة ب = - ٠,٣٤× $\frac{\text{صفر}}{\text{٢٧٠متر}}$ = صفر

تصحيح الإحداثي الرأسي للنقطة ج = - ٠,٣٤ × $\frac{\text{١٠٠ م}}{\text{٢٧٠م}}$ = - ٠,١٣

تصحيح الإحداثي الرأسي للنقطة د = - ٠,٤٣ × $\frac{\text{١٥٠م}}{\text{٢٧٠م}}$ = - ٠,١٩

تصحيح الإحداثي الرأسي للنقطة هـ = - ٠,٤٣ × $\frac{\text{٢٧٠ م}}{\text{٢٧٠م}}$ = - ٠,٣٤

# تمارين على التيودوليت

١- تيودوليت مزود بعدسة تحليلة وثابته التاكيومتري ١٠٠ وضع عند نقطة ب وأخذت الأرصاد الآتية .

**جدول رقم (٥١)**

| الجهاز عند | إلى | الدائرة الأفقية | الدائرة الرأسية | القراءات |
|---|---|---|---|---|
| ب | أ | ٣٣٠° | ٤° ٥٦َ | ١,٨٠ ، ٢,٨٠ ، ٣,٨٠ |
| | جـ | ٦٠° | ٨° ١٤َ | ١,٦٥ ، ٢,٦٥ ، ٣,٦٥ |

المطلوب حساب المسافة بين أ ، جـ

٢- عين معدل الانحدار بين النقطتين س ، ص من الأرصاد الآتية المأخوذة بتاكيومتر مجهز بعدسة تحليلة وثابتة التاكيومتري ٩٠ .

**جدول رقم (٥٢)**

| الجهاز عند | إلى | الانحراف | الدائرة الرأسية | القراءات |
|---|---|---|---|---|
| أ | س | ٩٠° | ٩° ١٤َ | ١,٠١ ، ٢,٠١، ٣,٠١ |
| | ص | ١٨٠° | ٥° ٠٦َ | ١,٤٥، ٢,٢٥ ، ٣,٠٥ |

٣- مئذنة معلوم ارتفاعها بأنه ٤٥ متر فوق منسوب سطح بحيرة مجاورة للجامع ، رصدت قمتها من الجانب الآخر للبحيرة ، وكانت زاوية الارتفاع ٥٠َ ٥٢° ، فإذا كانت زاوية انخفاض صورة قمة المئذنة في مياه البحيرة ٢٠َ ٥٢° ، أوجد المسافة الأفقية من الجهاز إلى هذه المئذنة ، اعتبر أن معامل الانكسار للماء هو نفسه للهواء .

٤- يراد تقسيم قطعة أرض ذات الحدود المستقيمة أ ب جـ د هـ أ بالخط جـ و ، حيث ومنتصف هـ أ - عين طول وانحراف خط التقسيم جـ و إذا كان الضلع أب طوله ٨٠ متر ويتجه إلى الشرق تماما ، والضلع ب جـ طوله ٦٥ متر ويتجه إلى الجنوب تماما ، أما الضلع جـ د فطوله ١١٠متر وانحرافه ٢٠َ ٢٤٤° والضلع د هـ طوله ١٤٥ متر وانحرافه ٤َ ٢٩٥° . احسب أيضا مقدار الزاوية د هـ و .

٥- أريد قياس خط أب باستعمال قضيب الأنفار فأقيمت قاعدة مساعدة أ جـ عند أ وعلى جانب واحد منه (من أ ب) فإذا كانت زاوية البرالاكس

١٠َ ٥٣ عند أ والزاوية جـ أ ب = ٤٤َ ٥٧٣ ، والزاوية أ ب جـ =
١٢َ ٥٥ فعين طول أ ب .

٦- قذفت إحدى بطاريات المدفعية عند نقطة أ الموجودة في إحدى مناطق السويس طائرة إسرائيلية فهوت عمودية ، وأثناء سقوطها رصدها برج المراقبة عند ب فإذا علم أن إحداثيات موقع البطارية هي ٦٠٠٠ شرقا ، ٤٠٠٠ شمالا ، وإحداثيات ب هي ٢٠٠٠ شرقا ، ٨٠٠٠ شمالا وأن زاويتي ارتفاع وانحراف الطائرة من موقع البطارية حين إصابتها كانت ٥١٨ ، ٥٣٣٠ على الترتيب وزاوية انحراف الطائرة من برج المراقبة هي ٥٦َ ٥١١٨ فبين :

أ- كيف تحدد موقع سقوط الطائرة على الأرض بتعيين إحداثيات هذا الموقع

ب- ارتفاع الطائرة لخطة إصابتها .

٧- مضلع أ ب جـ د أخذت رؤوسه أ ، ب ، جـ ، د في ترتيب دائري واحد مع عقرب الساعة ، وقد شكل هذا المضلع لإيجاد طول وانحراف أ د الذي تعترضه عقبه . فإذا كانت أطوال الأضلاع أ ب ، ب جـ ، جـ د هي ٢٠٠ ، ٥٠٠ ، ٢٤٠ مترا على الترتيب والزاوية الداخلية عند ب هي ١٦َ ٥٩١ والزاوية الخارجية عند جـ هي ٤٢َ ٥٢٦٢ . عين طول وانحراف أ د ، إذا كان انحراف جـ ب هو ٥٢٧٠.

٨- طلب منك رفع الحائط أ ب بينك وبينه مانع مائي فإذا كان لديك تيودوليت فتكلم عن الخطوات التي يمكنك اتباعها حتى تأتي بطول هذا الحائط




شكل رقم (١٤٢)

٩- احسب المسافة من نقطة أ إلى نقطة هـ إذا استخدمت طريقة شعرات الاستاديا للقياس برصد قامة رأسية على هـ بتيودوليت من أ ، حيث

كانت القـراءات علـى القامـة هـي ٠,٢٦ ، ١,١٠ ، ١,٩٤ بزاويـة ارتفاع ١٦َ ٣ ٥٣ علما بـأن المسـافة بـين محـور الجهـاز والعدسـة الشيئية ١٥سم والمسافة بين شعرتي الاستاديا هي ٢,٥ مم والبعد البؤري للعدسة الشيئية ٢٥سم . عين أيضا انحدار الخط أهـــ إذا كـان ارتفـاع الجهاز عند أ = ١,٤ متر .

١٠- إذا استخدمنا طريقة الظلال في إعادة قياس طول الخط أ هـــ برصـد قامة رأسية عنـد هـــ وبتيودوليـت عنـد أ وذلـك بزاويـة ارتفـاع ١٤َ ٥١ ، ٣٨َ ٥٠٠ ، حيث كانت القراءات على القامـة فـي الزاويـة الأولى هي ٣,٠٠ متر ، وما هي القراءة الواجبة على القامة في الرصـدة بالزاوية الثانية .

١١- وضع تيودوليت عند النقطة م ثم وجه المنظار إلى نقطة أ ثم إلى نقطة ب فكانت القراءات كالتالي .

جدول رقم (٥٣)

| النقطة | متيامن | | | متياسر | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | ١٤ً | ٥٦َ | ٥٢° | ١٦ً | ٥٤َ | ٢٣٢° |
| ب | ١٨ | ٣٧ | ١٨٦ | ٢٢ | ٣٧ | ٣٦٦ |
| أ | ١١ | ٠٢ | ٥٣ | ٤٦ | ٠١ | ٢٣٣ |

المطلوب حساب الاتجاهات والزوايا المصححة .

١٢- الجدول التالي يبين قياس زوايا حول نقطـة ن ، والمطلـوب حسـاب الاتجاهات والزوايا المصححة .

جدول رقم (٥٤)

| النقطة | متيامن | | | متياسر | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | ٠٦ | ٠٢ | ٣٠٧° | ١٨ | ٠٠ | ١٢٧° |
| ب | ١٨ | ٤٨ | ٨٠ | ٤١ | ٤١ | ٢٦٠ |
| أ | ١١ | ٠٤ | ٣٠٧ | ١٨ | ٥٥ | ١٢٦ |

١٣- قيست الاتجاهات الآتية حول نقطة هـ والمطلوب تصحيحها وحساب الزوايا المصححة .

جدول رقم (٥٥)

| النقطة | متيامن | | | متياسر | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | ٠٦ | ٠٢٠ | ٣٠٧° | ١٨ | ٠٠ | ١٢٧° |
| ب | ١٨ | ٤٨ | ٨٠ | ٤١ | ٤١ | ٢٦٠ |
| أ | ١١ | ٠٤ | ٣٠٧ | ١٨ | ٥٥ | ١٢٦ |

١٤- الأرصاد الآتية هي الاتجاهات حول نقطة س والمطلوب إيجاد القيم المصححة للاتجاهات والزوايا .

جدول رقم (٥٦)

| النقطة | متيامن | | | متياسر | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | ٥٤ | ٤٠ | ١٩٠° | ١٥ | ٤٤ | ١٠° |
| ب | ١٨ | ٥٧ | ٢١ | ٤٠ | ١٠ | ٢٠٢ |
| جـ | ٤ | ٢٨ | ٥٧ | ٤٢ | ٢٣ | ٢٣٧ |
| أ | ١٦ | ٥٨ | ١٩١ | ٢٠ | ٥٦ | ١١ |

١٥- أوجد القيم المصححة للاتجاهات والزوايا من الأرصاد الآتية التي أخذت من نقطة ص .

جدول رقم (٥٧)

| النقطة | متيامن | | | متياسر | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | ١٤ | ٠٧ | ١٣٤° | ٤٤ | ٥ | ٣١٤° |
| ب | ٢٨ | ٠٦ | ٣١٢ | ٤٠ | ٠٥ | ١٣٢ |
| جـ | ١٤ | ٢٢ | ١٣٢ | ٣٤ | ٣١ | ٣١٢ |
| أ | ٠٧ | ٥٨ | ١٣٤ | ٠٠ | ٤٦ | ٣١٤ |

١٦- قيست الزوايا في مضلع أ ب جـ د هـ أ بتيودوليت دقته ٢٠ وأطوال أضلاعه بشريط من الصلب فكانت نتائج الأرصاد كما هي مبينة في جدول ( ٥٨ ) . فإذا علم أن انحراف الضلع أب هو ٣٦" ١٣' ٧٠° وأن إحداثيات نقطة (أ) هي ( ٦٣٤٨,١٥٢ ، ١٤٨٤٧,٧٤٤ ) فعين الإحداثيات المصححة لنقط هذا المضلع .

جدول رقم (٥٨)

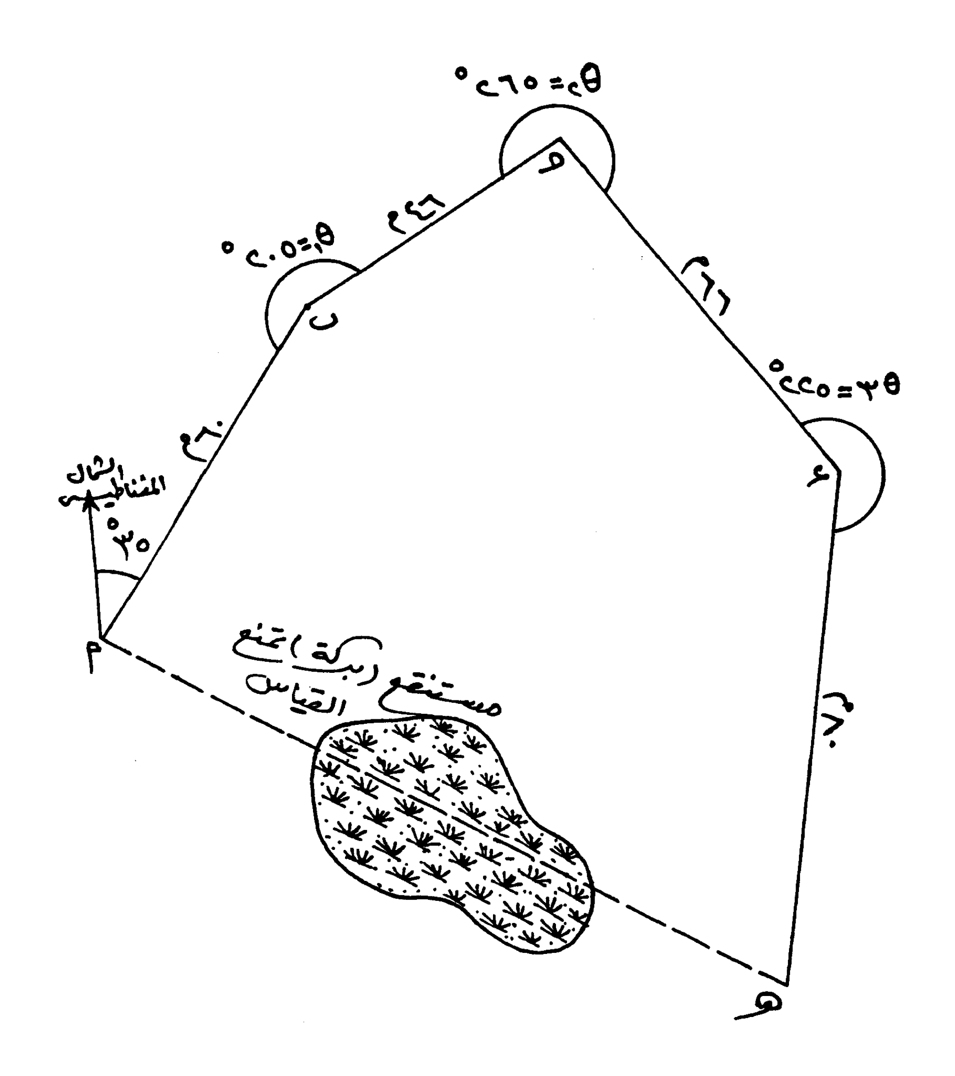
| النقطة | الضلع | الطول المقاس (متر) | الزاوية المرصودة | | |
|---|---|---|---|---|---|
| أ | | | ٢٠ | ٤٤ | ٧٧° |
| | أ ب | ١٠٢,٦٩ | | | |
| ب | | | ٠٠ | ٢٢ | ١٣٠ |
| | ب جـ | ٩٧,٩٤ | | | |
| جـ | | | ٢٠ | ٤٨ | ٨١ |
| | جـ د | ٨٣,٥٥ | | | |
| د | | | ٢٠ | ١٩ | ١٣٧ |
| | د هـ | ٧٣,٧٤ | | | |
| هـ | | | ٤٠ | ٤٤ | ١١٢ |
| | هـ أ | ١٠٨,٣٣ | | | |
| أ | | | | | |
| | مجموع | ٤٦٦,٢٥ | ٤٠ | ٥٨ | ٥٣٩° |

١٧- الشكل رقم (١٤٣) يوضح كروكي لمضلع مقفل أ ب جـ د هـ أ حيث نقطة ( أ ) اختيرت قمة مأذنة في المنطقة ، والنقطة ( هـ) عمود إنارة ، كما أن الخط أ هـ كانت تعترضه في القياس بركة مياه . عين طول وانحراف الخط أ هـ إذا كانت باقي العناصر المرصودة مبينة على الشكل .

١٨-أ ب جـ مضلع يحيط بقطعة أرض . قيست الزوايا الداخلية أ ، ب ، جـ فكانت ٢٠ ٥٨ ٢٩° ، ب = ٠٠ ٠١ ٦٠° ، جـ = ٤٠ ٠٢ ٩٠° وطول أ ب = ٢٠٠,١٢ متر ، ب جـ = ٩٩,٨٩ متر ، جـ أ = ١٧٣,١٤ متر . وكانت إحداثيات ب هي ١٠٠ غربا ، ٨٠ شمالا . وانحراف ب جـ = ٢٧٤° . ما هي المركبات المصححة للأضلاع وإحداثيات أ ، ب .

١٩- المسألة السابقة . ولكن انحراف أ جـ يتجه جنوبا تماما .

٢٠- أ ب جـ د مضلع فيه أ ب = ١٢٠,٣٥ مترا ، ب ج = ٢١٤,٤٥ متر ، جـ د = ٨٦ مترا والزاوية الداخلية عند ب = ٢٠ ٤ ١١٤° والزاوية الخارجية عند جـ = ١٤ ٢٦٩° . فإذا كان انحراف ب جـ = ٢٧٧° فما طول وانحراف أ د .


θ٤ = ٢٦٥°
θ٢ = ٢٠٥°
θ٣ = ٢٢٥°
٢٤٦م
٦٦م
٢٦٠م
٣٥°
الشمال المغناطيسي
مستنقع (بركة) تمنع القياس
٢٧م

٢١- أ ب جـ د هـ و ترافيرس موصل ، احسب إحداثيات نقطه المختلفة إذا كانت بعض أرصده كما يلي :

**جدول رقم (٥٩)**

| النقطة | الخط | الطول | الزاوية | الإحداثي الأفقي | الإحداثي الرأسي |
|---|---|---|---|---|---|
| أ | | | | ١٠٥٠,٤٧ | ١٣٣٦,٣٥ |
| ب | | | ٣٣َ ٨٦° | ١٠٠٠,٠٠ | ١٠٠٠,٠٠ |
| | ب جـ | ٣٤٧,١٥ | | | |
| جـ | | | ٥٥ ٢٢٣° | | |
| | جـ د | ٤٤٩,٨٢ | | | |
| د | | | ٤٨ ١١٤° | | |
| | د هـ | ١٤٤,٧٦ | | | |
| هـ | | | ٣٦ ١٤١° | ١٧٨٠,٢٧ | ٦٧٠,٢٤ |
| و | | | | ١٩٧٥,٧٤ | ٩٤٥,٩٧ |

٢٢- للمضلع المقفل أ ب جـ د هـ و أ احسب الإحداثيات المصححة لنقطة المختلفة باستخدام طريقتي بودتش والمركبات إذا كانت إحداثيات نقطة أ ( + ٨٠٠ ، - ١٠٠ ) وأن هناك نقطة أخرى ثابتة قريبة من المضلع هي النقطة (ك ) احداثياتها هي ( + ٩٢٠ ، + ١٠٠ ) وأن الزاوية ك أب مقدارها ١٠ ٢٢َ ٧٨° .

٢٣- وضع تيودوليت على جانب جبل ورصدا طرف طريق أ ب فكانت زاوية الارتفاع عندما رصد أ هي ٢٥َ ٩° وقراءات الشعرات ٢,٣٥ ، ٣,١٩ ، ٣,٩٣ متر والجهاز مزود بعدسة تحليلية ، ثم رصدت قامة عند ب بزاوية انخفاض ٢١ ٣٠َ ٨° فكانت القراءات ٣,٥ متر ، ولما خفض المنظار حتى أصبحت الزاوية ٢١ ٤٠َ ٩° رصدت أسفل القامة . فإذا كان انحراف الخط من التيودوليت إلى أ = ٣٦٠° وإلى ب = ١١٠° فما مقدار انحدار الطريق أ ب .

ملحوظة : ارتفاع الجهاز ١,٥ متر ومنسوب نقطة الجهاز ٣٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر .

### جدول رقم (٦٠)

| النقطة | الخط | الطول (بالمتر) | الزاوية الداخلية المرصودة |
| --- | --- | --- | --- |
| أ | | | ١١١° ٤٦ ٠٠ |
| | ا ب | ٢١٣,٣٢ | |
| ب | | | ١٤٤° ٥١ ٤٠ |
| | ب جـ | ٢٥٥,٥١ | |
| جـ | | | ٣٤° ١٣ ٢٠ |
| | جـ د | ١٢٩,٧٤ | |
| د | | | ١٨٩° ٥٢ ٣٠ |
| | د هـ | ٢٢٩,٣٥ | |
| هـ | | | ١٥٩° ٢٥ ٤٠ |
| | هـ و | ١٣٠,٢٤ | |
| و | | | ٧٩° ٤٨ ٥٠ |
| | و أ | ١٦٦,٥٣ | |
| أ | | | |

٢٤- قام شخصان برصد ترافيرس مفتوح أ ب جـ د يربط عند البدء علـى س أ وإحداثيات أ هـي ٥٠ شـرقا ، ٧٥ جنوبـا ، وانحـراف س أ = ٢٢٤° .

### جدول رقم (٦١)

| | الراصد الأول | الراصد الثاني |
| --- | --- | --- |
| أ ب | ٧٠,٤٠ م | ٧٠,٧٠م |
| ب جـ | ١٢٨,١٥م | ١٢٧,٩٠ م |
| جـ د | ٢٣٤,٧٠ م | ٢٣٤,٢٠ م |
| الزاوية س أ ب | ١٢٧° ١٦ | ١٢٧° ١٤ |
| الزاوية أ ب جـ | ١٣٤° ٢١ | ١٣٤° ٤٠ |
| الزاوية ب جـ د | ١٧٨° ٢٠ | ١٧٨° ٤٧ |

إحسب إحداثيات د الصحيحة مع التجاوز عن الأخطاء إذا كانت غير مسموح بها بين إذا كانت مسموح بها أم لا .

# الفصل السادس

# المساحة باللوحة المستوية

**مقدمة :**

* تركيب اللوحة المستوية .
* طرق رفع المضلع الأساسي باللوحة المستوية .
  - أ- طريقة الإشعاع .
  - ب- طريقة التقاطع الأمامي.
  - جـ- طريقة التقاطع العكسي .
  - د- طريقة اللف والدوران .
* المزايا العامة للرفع باللوحة المستوية .
* عيوب الرفع باللوحة المستوية .
* مصادر الأخطاء في الرفع باللوحة المستوية .

تمارين محلولة على القياس التاكيومتري باللوحة المستوية. .

تمارين على اللوحة المستوية .

**مقدمة:-**

يطلق أيضا على اللوحة المستوية اسم ( البلانشيطة ) وقد اخترعت منذ مدة كبيرة وكانت في صورة بدائية ولكن جون برايتــوريس ( ســنة ١٥٩٠) كان أول من أدخل تحسينات كبيرة في الجهاز بحيث ظل كما هــو موضــع التحسينات القليلة حتى أوائل القرن التاسع عشر حيــث ابتــدأت فــي اتخــاذ الصورة الحالية ذات المنظار .

وطريقة الرفع باللوحة المستوية من أسهل الطــرق وأســرعها ولكنهــا ليست بأدقها. ويمكن باللوحة المستوية رفع المضلعات والتفاصــيل والحــدود مباشرة على الورق من الطبيعة ونحن بالحقل بمقياس الرسم المطلــوب دون الحاجة إلى قياس الزوايا قياسا مباشرا ، وبذا يمكن تحقيق العمل أثناء وجودنا في الحقل ، فإذا وجد خطأ في الرسم أو كانت هناك معلومات ناقصة أمكــن تدارك ذلك ، وبذا نتلاقى أخذ بيانات زائدة عــن الحاجــة أو تكــون هنــاك معلومات ناقصة أو غير كافية لرسم اللوحة، ومن ثم نوفر وقتا كبيرا ، وفــي هذه الطريقة يقل عمل المكتب .

وفي جمهورية مصر العربية تفضــل اللوحــة المســتوية فــي عمــل المساحات التفصيلية ذات المقاييس الكبيرة وفي الأعمال الهندسية ، مع رفــع الهيكل الرئيسي بالتيودوليت ، وذلك لقلة الأمطار والرطوبة في معظم أنحــاء البلاد وفي معظم أوقات السنة ، إذ أن الأمطار والرطوبة تؤثر على اللوحات بالتمدد والانكماش فتؤثر جدا على الخريطة ، وتفضل كذلك في مصر لعــدم وجود مرتفعات وغابات كثيرة وكل هذا يساعد في العمل المساحي .

**ومن أهم استخدامات البلانشيطه**

١- رفع التفاصيل والحدود بعد توقيع المضلع على اللوحة ( عملية التحشية)

٢- عمل الخرائط الطبوغرافية وخصوصا بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠٠ .

٣- إنشاء الخرائط الكنتورية لاستعمالها في المشروعات الهندسية .

*** تركيب اللوحة المستوية :**

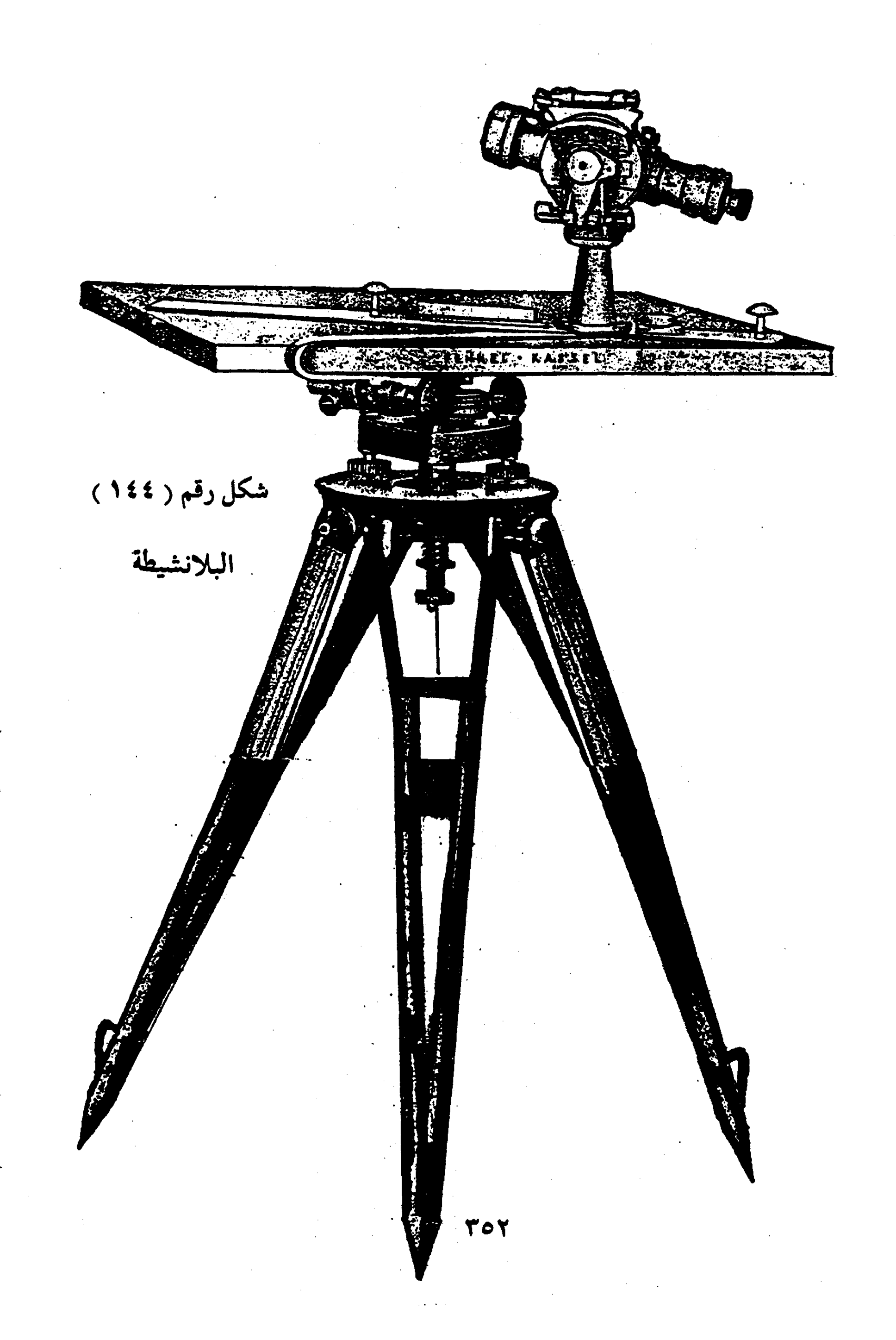
١- اللوحة : وهي لوحة خشبية مقاسها ٦٠سم × ٦٠ســم وهــي مصــنوعة بحيث لا تتأثر بالعوامل الجوية ويتصل أسفل اللوحة بقاعدة معدنيــة بهــا

ثلاث مسامير للتسوية الغرض منها ضبط أفقية اللوحة ، ويمكن تثبيت اللوحة عن طريق هذه القاعدة بالحامل ، كما يمكن أن تدور اللوحة مع القاعدة في المستوى الأفقي بواسطة مسمار بحركة بطيئة أو بحركة سريعة ، ويوجد نوع آخر من القواعد يعرف بالقاعدة ذات الركبة (قاعدة رحوية) ، وفي هذا النوع يمكن إدارة اللوحة في المستوى الأفقي دون الحاجة إلى مسامير التسوية .

٢- **الحامل** : وهو ذو ثلاث شعب ، كل شعبة منها تنتهي بطرف مدبب ليسهل غرسها في الأرض والغرض منها ربط رأس الحامل جيدا في القاعدة الموجودة بأسفل اللوحة حتى لا تحدث حركة دوران للوحة أثناء عمل الخريطة .

٣- **القاعدة المثلثية ( أو الركبة المثلثية )** : تتركب من قطعتين معدنيتين مثلثتين بينهما ثلاثة مسامير تسمى مسامير التسوية لجعل اللوحة أفقية ، ومتصل بها مسماران أحدهما لإدارة اللوحة في المستوى الأفقي حركة سريعة ، والآخر حركة بطيئة ، وتربط القاعدة باللوحة بواسطة مسامير ( شكل ١٤٤) .

٤- **الأليدات** : وهو من أهم الأدوات المستعملة في المساحة بالبلانشطة ، ويقوم بتحديد الاتجهات الأساسية الواصلة بين النقط المرصودة وبين موضع اللوحة، وله أنواع كثيرة أحدثها هو الأليداد ذو المنظار ، وهو عبارة عن مسطرة من الصلب ذات حافة مستقيمة تماما ، مركب عليها قائم في أعلاه يوجد المنظار الذي يمكن دورانه حول محور أفقي ، ويتصل بالمنظار قرص رأسي مدرج عليه ورنية لقياس الزوايا الرأسية ويتصل بالمسطرة المعدنية مسطرة رفيعة حافتها مشطوفة ويمكن تحريك المسطرة الصغيرة بواسطة زراعين متساويين في الطول بحيث تظل موازية للمسطرة الرئيسية ، والغرض منها هو رسم خط على اللوحة من نقطة معلومة ، حيث أنه يكفي في هذه الحالة تحريك المسطرة الصغيرة ورسم الاتجاه الذي عينه خط نظر الأليداد بمقياس رسم مناسب بعد قياس طوله بالطريقة التاكيومترية .



شكل رقم ( ١٤٤ )

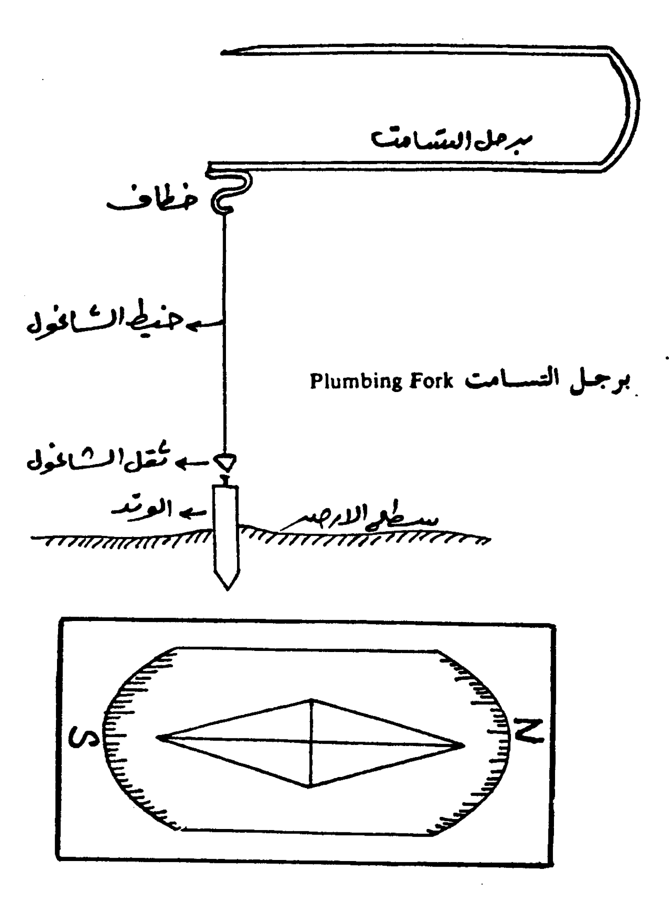
البلانشيطة

٥- **ميزان التسوية :** وهو إما أن يكون مستديرا أو اسطواني منفصلا أو متصلا بمسطرة الأليداد ، وفي بعض الأنواع يكون هناك ميزانا تسوية إما متصلان بالأليداد أو على قاعدة واحدة ومنفصله عن الأليداد ( شكل رقم ١٤٤ ) .

٦- **برجل التسامت :** يستعمل لرفع النقط من الطبيعة إلى الخريطة وهي عبارة عن إطار معدني على شكل U وطرف الضلع الأسفل به خطاف صغير يعلق منه ثقل خيط أو شاغول وشوكة مصنوعة بحيث إذا كان الضلع أب أفقيا فان الخط الواصل بين أ، د ، سن الشاغول يكون رأسيا ، وسن الثقل يحدد مواقع النقط في الطبيعة أما سن الشوكة المدبب فيحدد مواقع النقط على الخريطة ( شكل رقم ١٤٥ ) .

٧- **البوصلة الصندوقية : ( Trough Compass )** : الغرض منها تحديد الشمال المغناطيسي فقط ، وهي تستعمل لقياس الانحرافات ، وتتكون من صندوق مستطيل الشكل سطحه العلوي من الزجاج وبوسطه محور رأسي مدبب ترتكز عليه إبرة مغناطيسية ، ويوجد أمام كل من طرفي الإبرة مقياس صغير على هيئة قوس ، وصفر التدريج في منتصف القوس ، والتدريج على جانبي الصفر ، والخط الواصل بين صفري المقياسين يوازي حافة الصندوق الخارجية ، فعند استعمال هذه البوصلة نحركها فوق اللوحة حتى نحصل على الوضع الذي يقف فيه سن الإبرة عند صفري المقياس فنرسم خطا على الحافة الجانبية يكون هو اتجاه الشمال ، ويجب عند وضع هذه البوصلة على اللوحة أن يكون اتجاه القطب الشمالي للإبرة ناحية الشمال المغناطيسي حتى يمكن لهذه البوصلة تعيين اتجاه الشمال ، وإذا لم يكن اتجاه الشمال معلوما على وجه التقريب فالأفضل أن ندير البوصلة دورة كاملة فوق اللوحة حتى نلاحظ الوضع الذي تبدأ الإبرة فيه بالتذبذب فيكون هو الموضع الصحيح لاتجاه الإبرة ناحية الشمال ، وبعد ذلك يتم توجيه اللوحة بالضبط ( شكل رقم ١٤٥ ) .

كما يوجد في علبة البوصلة مسمار صغير عند الضغط عليه يقلل من ذبذبة الإبرة وبذلك يسهل إيقافها ثم توجيهها نحو الشمال .




برجل التسامت Plumbing Fork

البوصلة الصندوقية Box compass

شكل رقم ( ١٤٥ )

## استخدام اللوحة المستوية :

قبل استخدام اللوحة المستوية في الحقل وبعد استخدامها لابد من أن تتأكد من توفر شروط الضبط الدائمة والمؤقتة :

### أ – شروط الضبط الدائمة :

وهي الشروط التي يجب أن تتوفر في الأدوات بصفة مستمرة ويجب اختبارها من وقت لأخر بعد فترة زمنية من الاستعمال .

### ب– شروط الضبط المؤقت :

وهي الشروط التي يجب أن تتوفر عند استعمال اللوحة المستوية ، وهذه الشروط تتم لكل وضع جديد للوحة في الحقل .

وسنكتفي هنا بشرح النوع الثاني.

عند استعمال اللوحة المستوية للرفع يجب أن تتوفر الشروط الآتية :

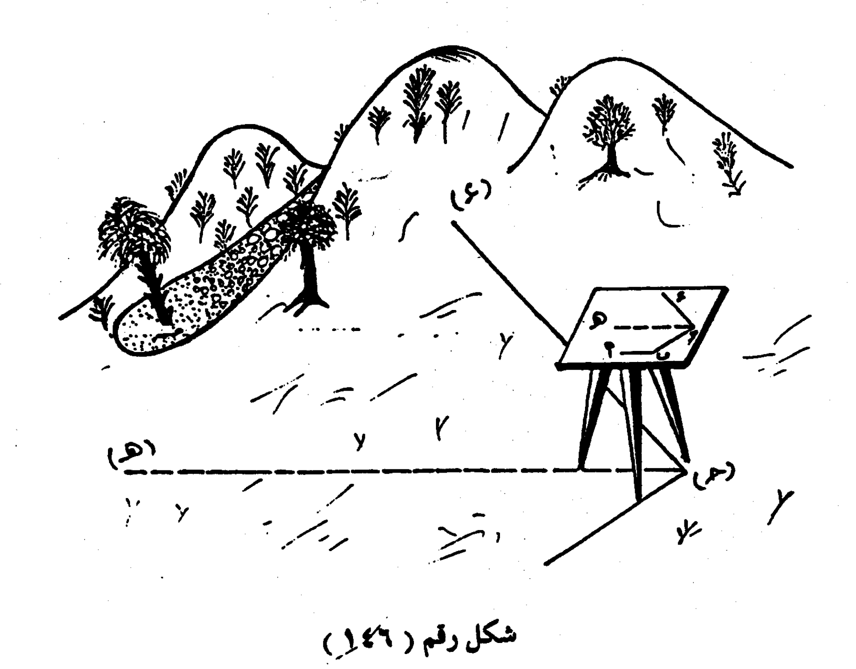
١– أفقية اللوحة ٢– التسامت ٣– التوجيه الأساسي

### ١– أفقية اللوحة :

بعد تثبيت الحامل جيدا وجعل اللوحة أفقية تقريبا نضع ميزان التسوية الخاص بضبط الأفقية بحيث يكون موازيا لأي مسمارين من مسامير التسوية الموجودة في القاعدة المثلثية ، ثم ندير هذين المسمارين إما للداخل أو للخارج حتى تصبح الفقاعة في منتصف مجراها ،نضع ميزان التسوية في الاتجاه العمودي ونحرك مسمار التسوية الثالث فقط حتى تصير الفقاعة في المنتصف ، وبذلك تصبح اللوحة أفقية تماما وتكرر هذه العملية مرة أخرى للتأكد من عملية الضبط .

### ٢– التسامت :

وفي هذه العملية يجب أن تكون النقطة المعينة على اللوحة المستوية ونظيرتها على الطبيعة يقعان على خط رأسي واحد وتتم هذه العملية باستعمال شوكة الإسقاط ، وذلك بتحريك الشوكة حتى يكون سن خيط الشاغول فوق النقطة تماما وطرف الشوكة المدبب فوق اللوحة أمام نفس النقطة الموقعة على مستوى اللوحة .




شكل رقم ( ١٤٦ )

### ٣- التوجيه الأساسي :

وفي هذه العملية توجه اللوحة المستوية بحيث تكون الخطوط في الطبيعة موازية لنظيرتها على اللوحة ، وهذا يتم بعد عملية التسامت ، وذلك بتحديد اتجاه معين على اللوحة بواسطة المسطرة الموجودة بالأليداد ، ثم ندير اللوحة حول محورها الرأسي ، بحيث لا يتغير وضع التسامت ، إلى أن يقع الشاخص الموجود في نهاية الخط على الشعرة الرأسية في المنظار ( شكل رقم ١٤٦ ) .

## طرق الرفع بالبلانشيطة :

هناك وسيلتان يمكن استعمالهما في إجراء مساحة باللوحة المستوية وهما :

أولاً – ترفع المنطقة كلها في آن واحد سواء كان المضلع أو التفاصيل والحدود ، وذلك برفع النقط الرئيسية على التوالي باللوحة ، مع رفع التفاصيل في نفس الوقت ، ولكن هذه الطريقة إذا حدث خطأ في موقع إحدى أو بعض النقط الرئيسية فإن هذا يؤثر على مواقع النقط التالية كلها . وفي بعض المساحات لا يتاح لنا تنفيذ إلا القليل من أعمال التحقيق مع حدوث خطأ قفل في المضلع مما يترتب عليه خطأ في موقع التفاصيل المأخوذة ، ويكون تصحيحها من الصعوبة بمكان ، ولهذا السبب تجرى المساحة المطلوب رفعها على هذا النحو إذا كانت صغيرة فقط وكان لدينا عدد من التحقيقات كلما تقدم العمل .

ثانياً – رفع المضلع الأساسي أولاً يعتمد العمل فيها على مضلع أو شبكة مثلثات مصححة وموقعه على اللوحة ، وتكون قد رصدت بالتيودوليت والشريط ، وهذه هي الطريقة المثلى وأفضل من الطريقة السابقة ، ويمكن رفع المضلع بالبلانشيطة وتصحيحه ثم يرسم على الورقة وذلك قبل أن يبدأ الجغرافي في رفع التفاصيل .

نبدأ العمل باحتلال إحدى النقط بالبلانشيطة ثم نوجه اللوحة الموجود عليها المضلع توجيها أساسياً فوق هذه النقطة ، بالرصد على النقط المجاورة ، ثم نرفع التفاصيل وتضاريس المنطقة ، ننتقل بعد ذلك إلى أخرى مع إجراء عملية التوجيه الأساسي عند كل نقطة ثم رفع التفاصيل عندها .

أما إذا كان الربط على شبكة مثلثات فيمكن أخـذ محطـات إضـافية للبلانشيطة لاحتياجنا إليها لرفع التفاصيل ، وتوقع هذه النقط بأي طريقة على أن نبدأ بنقطة مثلثات وننتهي بنقطة مثلثات أخرى ، وعـادة تكـون أطـوال المضلعات قصيرة ويمكن تصحيح خطأ القفل الصغير الممكن حدوثه.

## طرق رفع المضلع الأساسي باللوحة المستوية

توجد أربع طرق لرفع المضلع الأساسي باللوحة المستوية وجميعها تؤدي إلى الغرض المطلوب منها ، ولكن في بعض الظروف الخاصة قد تفضل إحدى هذه الطرق على غيرها أو يجب استعمال إحداها ، ويرجع ذلك إلى :

- طبيعة الأرض المراد رفعها .
- مقياس الرسم المطلوب .
- الدقة المطلوبة .

* والطرق المستخدمة في الرفع باللوحة المستوية هي :

أ- طريقة الإشعاع .

ب- طريقة التقاطع .

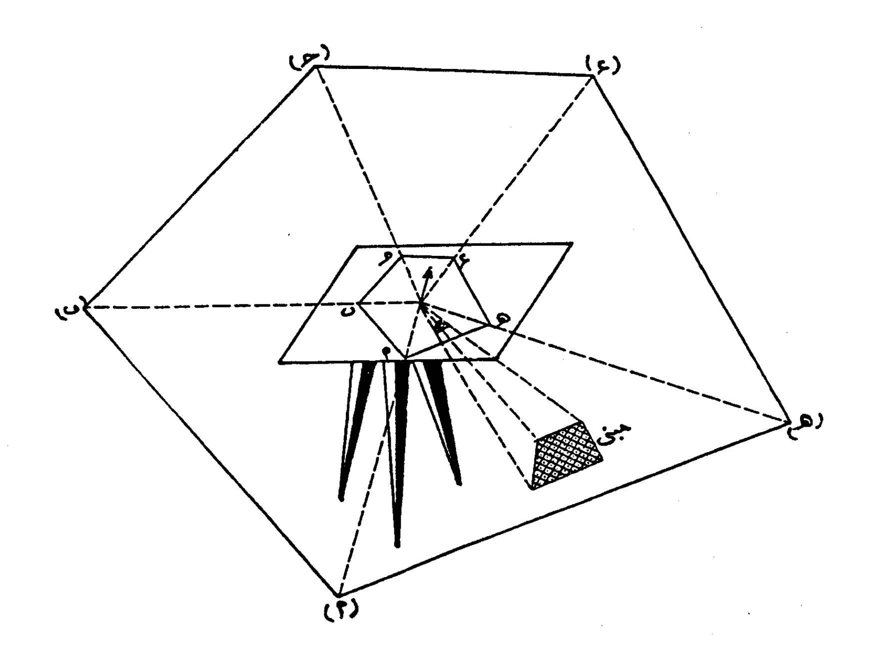
جـ- طريقة التقاطع العكسي .

د- طريقة اللف والدوران .

## ١- طريقة الإشعاع :

ولاستعمال هذه الطريقة يجب رؤية جميع نقط المضلع من نقطة واحدة ، كما يجب إمكان قياس الأطوال بين نقطة اللوحة وجميع النقط المرصودة ، ويمكن تلخيص طريقة الرفع في النقاط الآتية :

١- نضع اللوحة المستوية فوق نقطة مركزية وتضبط الأفقية ، وبواسطة شوكة الإسقاط يمكن تحديد هذه النقطة على اللوحة ( شكل رقم ١٤٧ ) .




شكل رقم ( ١٤٧ )

٢- تثبت اللوحة جيدا عن طريق مسمار الحركة في القاعدة المثلثية ، ومن نقطة الوقوف وباستعمال الأليداد يمكن رسم أشعة إلى نقط المضلع ، وذلك بعد التوجيه عليها توجيها أساسيا .

٣- تحدد نقط المضلع بتوقيع أطوال هذه الخطوط بعد اختيار مقياس رسم مناسب وبتوصيل هذه النقط ببعض نحصل على المضلع المطلوب رفعه، وتمتاز هذه الطريقة بأنها لا تحتاج إلى نقل اللوحة المستوية في مكان العمل كثيرا ، الأمر الذي يجعل الراصد يقوم بعملية الضبط المؤقت مرة واحدة فقط .

**مزايا هذه الطريقة :**

١- الاستغناء عن عملية التوجيه الأساسي وهي عملية لا تخلو من مجهود ووقت لإجرائها .

٢- تعتبر هذه الطريقة من أسرع الطرق ، خاصة إذا ما كانت جميع النقط لا تبتعد عن مكان الجهاز بأكثر من طول الشريط .

**عيوبها :**

١- لا يمكن استعمالها في رفع منطقة كبيرة .

٢- قياس أطوال الأقطار .

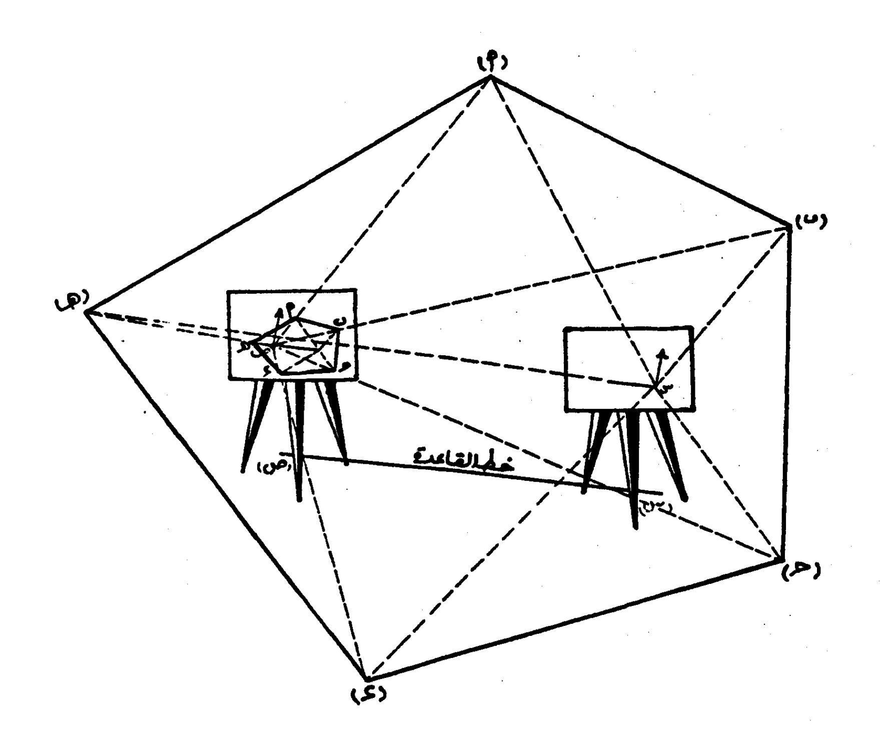
٣- لا نستعملها إلا في توقيع نقط المضلع فقط .

٤- لو وجد خطأ في توجيه خط النظر نحو أي نقطة من نقط المضلع أو حدث خطأ في قياس أي اتجاه فلا يمكن اكتشافه ، ولذلك يجب العناية بعمل الغيط وتحقيقه .

## ب- طريقة التقاطع الأمامي :

إجراء عملية الرفع بهذه الطريقة يجب رؤية جميع نقط المضلع من طرفي خط قاعدة بحيث تكون نقطتيه هما نقطتين من المضلع الأساسي أو أي نقط أخرى ، ولتنفيذ عملية الرفع بهذه الطريقة نتبع الخطوات الآتية :

١- نضع اللوحة فوق إحدى النقط ( أحد طرفي خط القاعدة ) ونعين مكانها على اللوحة بواسطة شوكة الإسقاط بحيث تكون اللوحة في وضع مناسب بالنسبة للشكل في الطبيعة ، ثم نثبت اللوحة بواسطة مسمار الحركة في القاعدة المثلثية ، ومن هذه النقطة نرسم الأشعة إلى باقي نقط المضلع بواسطة الأليداد ، وذلك بعد التوجيه عليها ( شكل رقم ١٤٨ ) .




**شكل رقم ( ١٤٨ )**

٢- نعين طوال خط القاعدة بدقة ثم يوقع هذا الطول على اللوحة ، وبذلك نحصل على الطرف الآخر من خط القاعدة على اللوحة المستوية .

٣- ننقل البلانشيطة إلى الطرف الثاني من الخط ، ونقوم بإجراء الضبط المؤقت (الأفقية – التسامت – التوجيه الأساسي )

٤- نثبت اللوحة ونرسم الأشعة إلى نقط المضلع ، وتتقاطع هذه الأشعة مع الأشعة المرسومة من النقطة الأولى ، وتكون نقط التقاطع هي مواضع نقط المضلع على اللوحة .

٥- وبنفس الطريقة يمكن تعيين التفاصيل المختلفة من الطبيعة مباشرة، وتستخدم هذه الطريقة في عمليات التحشية من الطبيعة مباشرة .

**مزايا هذه الطريقة :**

١- تمتاز عن غيرها بسهولة العمل .

٢- تستعمل في الحصول على نقط يصعب الوصول إليها في الشواطئ والغابات وفي رفع المعالم البعيدة ، كما في الصحراء والمباني ، وعموما توفر قياس أطوال الأشعة .

٤- لا يستعمل فيها قياس أطوال فيما عدا خط القاعدة .

٥- لا ينتج عنها خطأ قفل .

**عيوبها :**

١- لا توجد ضوابط لتحقيق العمل .

٢- كثرة التوجيه من طرفي خط القاعدة .

## جـ- طريقة التقاطع العكسي : Resection

تستعمل هذه الطريقة عادة في حالة وجود عوائق تمنع القياس المباشر بين أطوال أضلاع الترافيرس أو المضلع ، كما هو الحال في طريقة اللف والدوران ، نظرا لطول المسافات بين رؤوس المضلع ، أو عدم إمكان رؤية جمع نقط رؤوس الترافيرس من نقطة واحدة أو نقطتين ، أي أنه لا يمكن استخدام أي من طرق الرفع الأخرى باللوحة المستوية ، إلا أنه يشترط عند استخدام طريقة التقاطع العكسي ما يلي :

١- إمكان رؤية النقطتين التاليتين للنقطة المحتلة بالإضافة إلى النقطة السابقة لها.

٢- إمكان قياس أحد خطوط المضلع المطلوب رفعه .

- ولتنفيذ عملية الرفع بهذه الطريقة نتبع الخطوات الآتية :

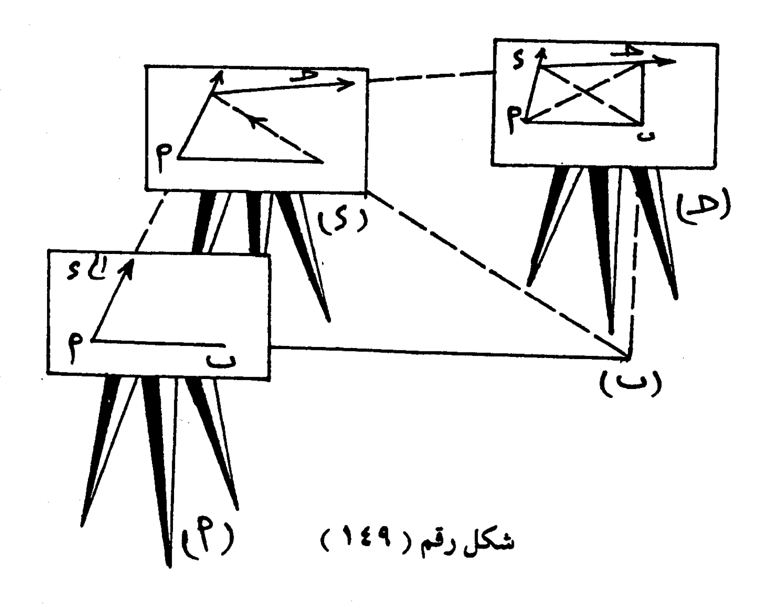
١- تتلخص الطريقة في إمكان رصد نقطة بمعلومية نقطتين في الطبيعة وموقعهما على الخريطة ، وشعاع من إحدى هاتين النقطتين إلى النقطة المطلوب رفعها .

٢- نفرض أن المضلع المطلوب رفعه هو أ ب جـ د نضع اللوحة فوق (أ) في موقع مناسب بالنسبة للمنطقة ، ونجعلها أفقية تماما ، ونربط اللوحة ، ونعين ( أ ) على الخريطة ، نرسم من أ شعاعا إلى (ب) وآخر إلى (د) ، نقيس المسافة ( أ ب ) في الطبيعة ونوقعه على اللوحة فتتعين نقطة ب ، ونترك الشعاع الآخر أ د بدون تعيين مكان النقطة د ( شكل رقم ١٤٩ ) .

٣- نعين اتجاه الشمال المغناطيسي في ركن من أركان اللوحة المستوية بواسطة البوصلة الصندوقية لتساعد بعد ذلك في إجراء عملية التوجيه الأساسي عند تثبيت اللوحة المستوية في النقط الأخرى من رؤوس المضلع .

٤- ننقل اللوحة إلى (د) ونجعل أي نقطة على الشعاع أ د تسامت (د) بحيث يكون بعد هذه النقطة عن أ في الورقة مساويا بالتقريب لطول ( أ د ) في الطبيعة ، وبحيث يكون أيضا الشعاع (د أ ) بالورقة موازيا نظيره في الطبيعة بالتقريب ، نربط اللوحة ونثبت دبوسا في ب ، وبذلك تصبح اللوحة موجهة توجيها أساسيا ، وفي الحقيقة أن هذا التوجيه الأساسي ينقصه صحة التسامت بين (د) في الطبيعة ، د التي تقابلها على الخريطة ، ولكن نظرا لأن النقطة د لم تعين بعد ، وأن مقياس رسم الخريطة ليس كبيرا ، لذلك يصبح تأثير عدم الدقة في التسامت ضعيف جدا بحيث لا يسبب خطأ ملحوظا عند رسم الخريطة الطبوغرافية .

٥- نجعل حافة الأليداد ملاصقة للنقطة ب ، ونرصد (ب) ونرسم شعاعا من ب في الاتجاه العكسي ونمده حتى يقابل الشعاع أ د في د ، فتكون هي النقطة المناظرة لنقطة (د) في الطبيعة .



شكل رقم ( ١٤٩ )

٦- نثبت دبوس في د وبنفس الطريقة نرسم المستقيم د جـ ، ننقل اللوحة إلى (جـ) مراعيا الشروط السابق ذكرها عند وضعها فوق (د) ونرصد من ب في الورقة (ب) في الطبيعة ، ونرسم شعاعا عكسيا ونمده حتى يقابل د جـ في جـ فتكون هي النقطة المناظرة للنقطة (جـ) في الطبيعة .

٧- لتحقيق العمل نثبت البلانشيطة ونضع دبوسا في أ ونرصد (أ) في الطبيعة فإذا مر امتداد الخط (أ) بالنقطة جـ كان دليلا على صحة العمل وإلا يعاد العمل من جديد .

مزايا هذه الطريقة :

١- تمتاز عن الطريقة السابقة بالاستغناء عن إجراء عملية التوجيه الأساسي بدقة ولا سيما في المقاييس الصغيرة .

٢- نستغنى عن قياس أغلب خطوط المضلع علاوة على أنه يمكن تحقيق العمل بها في الغيط .

عيوبها :

١- حدوث خطأ القفل .

٢- إجراء عملية التوجيه الأساسي في كل نقطة من رؤوس المضلع تحتلها اللوحة المستوية ، وذلك بالرصد على النقطتين السابقتين لها مما يزيد من جهد الراصد ، وإن كان ذلك يزيد من دقة هذه الطريقة .

## د- طريقة اللف والدوران :

وتستخدم هذه الطريقة في أعمال المساحة التفصيلية ، وذلك لدقتها حيث أنه يمكن توقيع المضلع ورفعه من الطبيعة بدقة عالية ، ويفضل استعمال هذه الطريقة إذا كان من السهل احتلال جميع نقطة الترافيرس ، وإمكانية قياس أطوال أضلاعه دون عقبات ، وسهوله رؤية ورصد النقطة السابقة واللاحقة لكل نقطة من نقط رؤوس المضلع ، وبذلك يكون من الممكن إجراء التوجيه الأساسي بسهولة ودقة ، ويمكن تلخيص طريقة العمل في الخطوات الآتية .

١- ننتخب نقط رؤوس المضلع المحيط بالمنطقة المراد رفعها ، وليكن أ ب جـ د هـ ، ثم نقيس أطوال أضلاعه بدقة .

٢- نضع اللوحة المستوية فوق أول نقطة ولتكن ( أ ) ، وبعد ضبط أفقية اللوحة وربطها جيداً ، نعين على اللوحة أ باستخدام برجل التسامت ، بحيث تكون في مكان مناسب في اللوحة بالنسبة لشكل المضلع كله ( شكل ١٥٠).

٣- نعين اتجاه الشمال المغناطيسي في ركن من أركان اللوحة المستوية بواسطة البوصلة الصندوقية لتساعد بعد ذلك في إجراء عملية التوجيه الأساسي عند تثبيت اللوحة المستوية في النقط الأخرى من رؤوس المضلع.

٤- نضع الأليداد بحيث تمر حافة مسطرته بالنقطة أ ونوجهه في اتجاه النقطة (ب) حتى يتم رصدها بالمنظار ، ونرسم الشعاع أ ب طوله يساوي طول أ ب على الطبيعة تبعاً لمقياس الرسم المنتخب .

٥- ننتقل باللوحة المستوية إلى نقطة( ب) ، ونسامت عليها بالتقريب مع مراعاة وضع اللوحة في وضع مناسب بالنسبة لشكل المضلع ، وبعد ضبط أفقية اللوحة المستوية نبدأ في إجراء عملية التوجيه الأساسي أي :

- يكون الضلع ب أ منطبقا وموازيا لنظيره على الطبيعة ( ب أ ) .
- تكون نقطة ب السابق توقيعها على اللوحة( أثناء احتلال النقطة (أ) ) مسامتة على نظيرتها ( ب ) في الطبيعة .
- يكون اتجاه الإبرة المغناطيسية موازيا لنظيره السابق رسمه على اللوحة.

ويتم ذلك على النحو التالي :

- نضع حافة مسطرة لاليداد على الشعاع ب أ ، ونفك مسمار الحركة الدورانية للوحة المستوية الموجودة بالركبة ، ونذير اللوحة حتى نرصد نقطة (أ) في الطبيعة ثم نربط المسمار .
- نضع برجل التسامت بحيث يلامس سنه العلوي النقطة ب على اللوحة ، فيجب أن يكون ثقل الشاغول مسامتا فوق نقطة ( ب ) .
- فإذا كان الأمر كذلك تمت عملية التوجيه الأساسي ، وللتأكد نضع البوصلة الصندوقية بحيث ينطبق جدارها على اتجاه الشمال المغناطيسي،

**ونلاحظ الإبرة المغناطيسية التي ينطبق طرفاها على منتصف القوسين الشمالي والجنوبي .**

**أما إذا كانت المسافة بين ثقل الشاغول ونقطة ب صغيرة ولا تتعدى ٣-٤ سم أي أن عملية التوجيه الأساسي غير الصحيحة ، في هذه الحالة نفك مسمار ربط الركبة في الحامل الثلاثي ، ونحرك اللوحة المستوية بالكامل ، مع النظر – في نفس الوقت – في منظار الأليداد نحو النقطة ( أ ) والمحافظة على ثبات خط النظر إلى (أ) أو انطباقه على الشعاع ب أ حتى تصبح نقطة ب مسامته على نظيرتها ( ب ) في الطبيعة عندئذ نربط مسمار الركبة في الحامل الثلاثي .**

نعيد عملية ضبط اللوحة المستوية التي تكون قد تأثرت قليلا ( نتيجة فك الركبة من الحامل الثلاثي ) ونفك مسمار الحركة الدورانية للوحة المستوية ونوجه الأليداد نحو نقطة ( أ ) بحيث تكون حافة مسطرة الأليداد منطبقة على الاتجاه ب أ، ثم نربط المسمار ونسامت نقطة ب على اللوحة على نقطة ( ب ) أسفلها في الطبيعة فتتحقق بذلك عملية التوجيه الأساسي .

أما إذا كانت المسافة بين ثقل الشاغول ونقطة ب تزيد عن ٣-٤ سم أو طاقة حركة المحور الرأسي للركبة داخل الدائرة الموجودة بالحامل الثلاثي ، ففي هذه الحالة نرفع الحامل باللوحة المستوية بالكامل ، وتحرك قليلا في اتجاه نقطة (ب) ، حتى يسامت ثقل الشاغول على نقطة (ب) ( مع ثبات سن برجل التامست على نقطة ب ) ومراعاة أن تكون اللوحة أفقية بقدر الإمكان مع المحافظة على التوجيه إلى نقطة(أ) بقدر الإمكان أيضا ، ثم نثبت أرجل الحامل الثلاثي جيدا وتضبط أفقية اللوحة المستوية بدقة وتعاد عملية التوجيه السابق ذكرها آنفا حتى تتأكد من :

- مسامته نقطة ب على نظيرتها في الطبيعة ( ببرجل التسامت ) .
- انطباق الشعاع ب أ على نظيره في الطبيعة ( بالأليداد ) .
- انطباق اتجاه الإبرة المغناطيسية على اتجاه الشمال المغناطيسي ( بالبوصلة الصندوقية ) .

٦- من نقطة ب على اللوحة المستوية ، نوجه الأليداد إلى نقطة ( جـ ) ونرسم شعاعا إليها ونعين عليه الطول ب جـ طبقا لمقياس الرسم المستخدم فنعين نقطة جـ .

٧- ننتقل إلى نقطة (جـ) ، ونجرى عملية التوجيه الأساسي بالرصد على نقطة (ب) ، كما سبق أن ذكرنا ( بند رقم ٥ ) ، ومن ثم نحدد نقطة د على اللوحة ، وهكذا حتى ننتهي إلى نقطة هـ ونوجه على نقطة( أ ) .

٨- عند الوصول إلى نقطة (هـ ) والتوجيه منها إلى النقطة( أ )، نلاحظ أنه
- إذا كان العمل دقيقا فإن الشعاع المرسوم من هـ في اتجاه(أ) ينتهي عند نقطة أ ، بعد قياس طول الضلع هـ أ عليه تبعا لمقياس الرسم ، وهذا يتم في أحوال نادرة خاصة إذا كان المساح ماهرا وله خبرة طويلة في استخدام هذه الطريقة ودقيقا في عمله . ولكن في معظم الأحيان نلاحظ أن الشعاع هـ أ لا ينتهي عند نقطة أ الموقعة عند بدء العمل وهو ما يسمى بخطأ القفل . يصحح خطأ القفل إذا كان مسموحا به ( راجع في ذلك كيفية تصحيح خطأ القفل التي سبق أن أشرنا إليها في فصل البوصلة ) .

٩- بعد رسم المضلع مصححا على اللوحة نبدأ في رفع التفاصيل ، وذلك باحتلال كل نقطة من نقط الترافيرس وتوجيه اللوحة توجيها أساسيا بالنسبة للنقطة السابقة لها والنقطة اللاحقة لها ، فمثلا إذا كانت اللوحة موضوعة فوق النقطة (جـ) ، فيجب أن يكون الإشعاع جـ ب منطبقا على خط النظر (جـ ب) ، وكذلك الحال بالنسبة للشعاع جـ ب وخط النظر من (جـ) إلى ( د ) ، وفي نفس الوقت تكون جـ مسامته على ( جـ ) تماما .

١٠- بعد إجراء عملية التوجيه الأساسي فوق النقطة المحتلة ، نبدأ في رفع التفاصيل والأهداف المطلوبة في المنطقة المحيطة بالنقطة المحتلة باستخدام طريقة الإشعاع وهكذا بالنسبة لباقي نقط المضلع .

**مزايا هذه الطريقة :**

من أهم مزايا هذه الطريقة أنه يمكن عن طريقها رسم ترافيرس لا يمكن رؤية جميع نقط رؤوس أضلاعه من نقطة واحدة أو نقطتين ، إلا أنه يجب أن ترى كل نقطة من نقاط رؤوسه النقطة التي تليها والتي تسبقها .

عيوبها :

١- من عيوبها قياس أطوال أضلاع الترافيرس وهي عملية مجهدة خاصة إذا كان القياس مباشر وكانت أطوال الأضلاع كبيرة .

٢- يحدث في هذه الطريقة خطأ قفل كبير نتيجة لعدم الدقة في التسامت والتوجيه الأساسي ، ونتيجة لعدم الدقة في قياس أطوال المضلع فإذا كان مسموحا به أمكن تصحيح المضلع ، أما إذا كان غير مسموحا به فيعاد العمل مرة أخرى .

٣- إجراء عمليات التوجيه الأساسي وهي عملية متعبة لا تخلو من وقت وجهد .

### عملية التوجيه الأساسي للوحة المستوية بالبوصلة الصندوقية :

تطبق حافة صندوق البوصلة على اتجاه خط الشمال السابق ثم تحرك اللوحة المستوية بالمسامير الخاصة بالحركة الأفقية حتى تبين البوصلة اتجاه الشمال تماما. وهذا التوجيه بالبوصلة لا يغني عن التوجيه المضبوط السابق شرحه ، فضلا عن احتمال وجود جاذبية محلية مما يسبب وجود خطأ في اتجاه البوصلة .

### المزايا العامة للرفع باللوحة المستوية :

١- تؤخذ جميع المعلومات اللازمة لرسم الخريطة أثناء وجودنا بالحقل وترسم مباشرة .

٢- يحقق العمل بالحقل أثناء العمل وليس في المكتب ، وإذا حدث خطأ ما في إحدى القياسات فإنه يمكن اكتشافه بسهولة أثناء رسم الخريطة وإعادة القياس مرة أخرى ، وتصحيح الخطأ ، كما يمكن إجراء التحقيق بعد رسم الخريطة بأخذ مستقيم عليها يقطعَ التفاصيل ونعين اتجاه هذا الخط على الأرض وبمقارنة القياسات المأخوذة على الخط في الطبيعة بما يقابلها على الخريطة يتم التحقق من صحة العمل .

٣- لا تقاس زوايا وبذلك نتلافى احتمال الخطأ في تدوين الأرصاد كما يحدث في أنواع أجهزة الرفع المساحي الأخرى .

٤- نتلافى أخذ معلومات زائدة عن الحاجة .

٥- من أسرع طرق الرفع ولا تحتاج إلا لمعرفة بسيطة لاستعمالها وإن كانت تحتاج إلى خبرة كبيرة .
٦- لعمل خطوط الكنتور نحتاج إلى عدد من النقط أقل مما لو استعملنا الأجهزة الأخرى .

## عيوب الرفع باللوحة المستوية :

١- استعمالها غير مناسب في الغابات والمناطق الكثيفة بالأشجار وتفضل عليها البوصلة .
٢- العمل بها غير ملائم في الجو الممطر أو الرطب فقد يستحيل العمل بها أو تتلف لوحة الرسم ، وكذلك العمل صعب في الرياح الشديد أو الجو كثير الأتربة .
٣- أدوات العمل كثيرة وتشغل حيزا كبيرا وأصعب في النقل بالمقارنة بطرق الرفع الأخرى .
٤- إعداد الخريطة في الحقل يجعل وقت العمل المساحي الخارجي أطول كثيرا إذا ما قورن بالطرق المساحية الأخرى ، ولو أنه يوفر من وقت أعمال المكتب ، غير أن أعمال الحقل تكون عادة أشق على الجغرافي من أعمال المكتب .
٥- وجوب إعداد وتوقيع الهيكل ( المضلع ) الأساسي قبل بدأ العمل في الأعمال الدقيقة .

## مصادر الأخطاء في الرفع باللوحة المستوية :

١- احتمال وجود العيوب الآلية في الأدوات المستعملة .
٢- انكماش والتواء الورق من رطوبة الجو وهذا من أهم مصادر الأخطاء في الخرائط ذات المقاييس الصغيرة ، وقد ينتج أيضا تمدد في الورق إذ لف بشدة ، ولذلك يفضل أن تحفظ الخرائط مفرودة .
٣- عدم أفقية اللوحة وخصوصا في الخرائط ذات المقاييس الكبيرة .
٤- عدم الدقة في عملية التسامت خاصة في الخرائط ذات المقاييس الكبيرة ، وكذلك عدم الدقة في التوجيه .

٥- عيوب الرسم وعدم الدقة في قياس وتوقيع الأبعاد على الخريطة .

٦- حركة اللوحة بين الرصدات بالارتكاز عليها أو بالضغط أو ترك المسامير غير مربوطة ، ويجب التحقيق من آن لآخر من أن اللوحة لم تتحرك وذلك بالرصد على النقط الأساسية من النقطة الموجود فوقها الجهاز .

$$\text{الخطأ النسبي} = \frac{\text{خطأ القفل}}{\text{طول المضلع}}$$

المسموح به في الأراضي الزراعية ١ : ١٠٠٠

في المدن ١ : ٢٠٠٠

## تمارين محلولة على القياس التاكيومتري باللوحة المستوية

يستعمل القياس التاكيومتري مع اللوحة المستوية في أغراض شتى من أهمها :

أ- إنشاء الخرائط الكنتورية ( الميزانيات الشبكية) خصوصا في الأرض غير المستوية ، ويعتبر ذلك من أهم أهداف اللوحة المستوية .

ب- رفع وبيان تفاصيل المناطق على الخرائط .

جـ- قياس أطوال أضلاع المضلعات التي تكون الدقة العالية فيها غير مطلوبة .

وطرق القياس التاكيومتري للوحة المستوية هي نفسها للتيودوليت وتنحصر فيما يلي :-

أ- طريقة شعرات الاستاديا .

ب- طريقة الظلال .

ج- استخدام أجهزة خاصة معدة خصيصا لهذا الغرض .

والطريقتان الأولى والثانية هما اللتان تستخدمان بكثرة مع البلانشيطة لحساب المسافات والمناسيب ، أما الطريقة الثالثة - الأجهزة الخاصة - فنظرا الارتفاع قيمة الأجهزة من جهة والحاجة إلى دراسة طرق استخدامها وصيانتها من جهة أخرى فهي تدخل في نطاق تخصص مهندس المساحة .

## أولا: طريقة شعرات الاستاديا :

**مثال ٦٩ : رصدت قامة موضوعة فوق روبير منسوبه ٥٠م فكانت قراءات الشعرات هي على التوالي ١,٠٠ ، ٢,٠٠ ، ٣,٠٠ م وزاوية الانخفاض ٥° ٤٠َ ، نقلت القامة إلى نقطة ب فكانت القراءات هي صفر ، ١,٠٠ ، ٢,٠٠ م وزاوية الارتفاع ٢° ١٥َ أوجد المسافة الأفقية بين الجهاز ونقطة ب، وكذلك منسوب ب إذا علم أن الثابت التاكيومتري ١٠٠ والجهاز به عدسة تحليلية .**

**خطوات الحل .**

أولا : حساب المسافة الأفقية بين الجهاز ونقطة ب ( شكل رقم ١٥١ ) .

• لأن الجهاز به عدسة تحليلية إذن يلغى الثابت الإضافي .

وتكون المسافة ف = هـ × ث × جتا² ن

ف = (٢,٠٠ –صفر) × ١٠٠× جتا² ٢° ١٥َ = ١٩٩,٧ م

(وهو المطلوب أولا )

ثانيا : حساب منسوب النقطة ب .

المسافة بين الجهاز والروبير = هـ × ث × جتا² ن

= ( ٣,٠٠ – ١,٠٠ ) × ١٠٠ ×جتا² ٥° ٤٠َ

= ١٩٨,١ م

ص = ف ظا ن = ١٩٨,١ × ظا ٥° ٤٠َ = ١٩,٧م

ويكون منسوب سطح الجهاز = منسوب الروبير + ص+ قراءة الشعرة الوسطى

"وذلك لأن نقطة الروبير منخفضة عن نقطة الجهاز لأننا رصدنا زاوية انخفاض "

ويكون منسوب سطح الجهاز = ٥٠,٠٠ + ١٩,٨ + ٢ = ٧١,٨ م

عند الرصد على النقطة ب ( المراد معرفة منسوبها )

ص= ف ظا ن " حيث ف المسافة بين ب والجهاز "

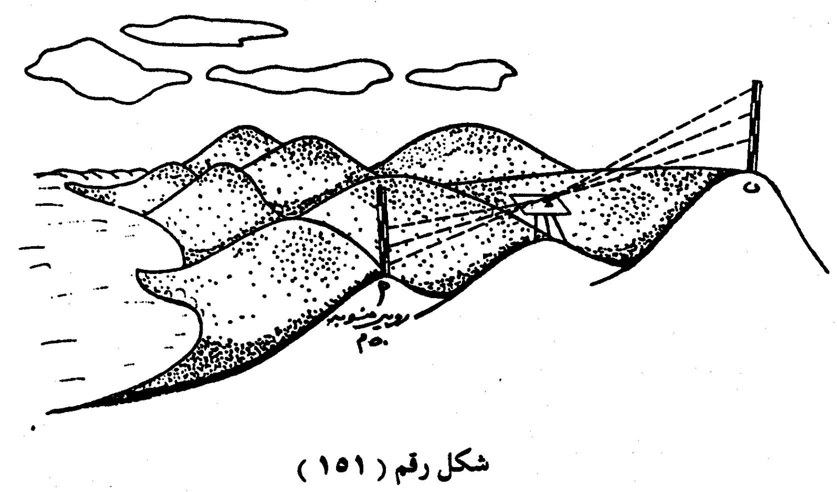
ص= ١٩٩,٧م ظا ٢° ١٥َ = ٧,٨م

" ولأن النقطة ب مرتفعة عن نقطة الجهاز حيث إننا رصدنا زاوية ارتفاع "

لذلك يكون منسوب نقطة ب = منسوب سطح الجهاز + ص – قراءة الشعرة الوسطى

منسوب ب = ٧١,٨م + ٧,٨م – ١,٠٠ = ٧٨,٦م

( وهو المطلوب ثانيا )




**شكل رقم ( ١٥١ )**

## ثانيا : طريقة الظلال :

**مثال ٧٠ : وضع جهاز فوق نقطة أ وكانت زاويتا ارتفاع نقطتين على قامة فوق ب هما ١٨َ ٢° ، ٥٨َ ٤° عندما كانت قراءة القامة ٠,١٥ ، ١,٩٥ متر على الترتيب ( شكل رقم ١٥٢ ) ما هي المسافة الأفقية أب وما منسوب ب إذا علمت أن منسوب أ= ١٣٧,١٦ مترا وارتفاع الجهاز ١,٥ متر ؟ .**

**طريقة الإجابة :-**

$$ف = \frac{هـ}{ظا ن - ظا ي}$$

$$\therefore ف = \frac{١,٩٥ - ٠,١٥}{ظا ٥٨َ ٤° - ظا ١٨َ ٢°} = ٣٨,٥١م$$

ص = ف ظا ن

- لو أخذنا ن في الحالة الأول ن = ١٨َ ٢°

∴ ص = ٣٨,٥١ × ظا ١٨َ ٢° = ١,٥٥ م

ويكون منسوب نقطة ب = منسوب أ + ارتفاع الجهاز +ص – قراءة الشعرة الوسطى .

∴ منسوب ب = ١٣٧,١٦ + ١,٥٠ +١,٥٥ – ٠,١٥ = ١٤٠,٠٦ م تقريبا

- لو أخذنا في الحالة الثانية ن = ٥٨َ ٤°

∴ ص = ٣٨,٥١ × ظا ٥٨َ ٤° = ٣,٣٥ م

ويكون منسوب نقطة ب = منسوب أ + ارتفاع الجهاز + ص – قراءة الشعرة الوسطى

∴ منسوب ب = ١٣٧,١٦ + ١,٥٠ +٣,٣٥ – ١,٩٥ = ١٤٠,٠٦ م تقريبا

( وهو نفس المنسوب في الحالة الأولى)

**مثال ٧١ : وضعت لوحة مستوية على نقطة أ مجاورة مباشرة لطريق مرصوف عريض ( شكل رقم ١٥٣) وبعد التأكد من الأفقية رصد بالأليداد حضيض تل يوجد بعيدا على الجانب الأخر للطريق وذلك بزاوية انخفاض**

مقدارها ١٤َ ٥٣٣° ، وكانت قراءات القامة هي ١,٩٩ ، ٢,٩٣ ، ٣,٨٧ ، ثم رفع الجغرافي الأليداد إلى أعلى حتى رصد قمة التل بزاوية ارتفاع مقدارها ٢٥َ ٥٩° ، وكانت قراءات القامة هي ٠,٠٩ ، ٢,٠٠ ، ٣,٩١ ، فإذا علمت أن منسوب نقطة اللوحة هي ٢٠٠ متر فوق سطح البحر وأن ارتفاع الجهاز ١,٥٦م ، وأن الأليداد مزود بعدسة تحليلية وثابتة التاكيومتري ١٠٠ ، أوجد معدل انحدار سفح التل

طريقة الإجابة :-

- المسافة الأفقية من اللوحة المستوية حتى حضيض التل=هـ× ث × جتا$^{2}$ن

∴ ف١ = (٣,٨٧-١,٩٩ ) ×١٠٠ ×جتا$^{2}$ ١٤َ ٥٣٣° = ١٣١,٥م

- منسوب حضيض التل = منسوب موضع اللوحة المستوية + ارتفاع اللوحة المستوية – ص – قراءة الشعرة الوسطى .

ص = ف ظا ن = ١٣١,٥م × ظا ١٤َ ٥٣٣° =٨٦,٢م

∴ منسوب حضيض التل = ٢٠٠ + ١,٥٦ – ٨٦,٢م – ٢,٩٣ = ١١٢,٤م

- المسافة الأفقية من اللوحة المستوية حتى قمة الجبل = هـ × ث × جتا$^{2}$ ن

∴ ف٢ = (٣,٩١ –٠,٠٩) ×١٠٠ ×جتا$^{2}$ ٢٥َ ٥٩° = ٣٧١,٨ م

منسوب قمة التل = منسوب موضع اللوحة المستوية + ارتفاع اللوحة المستوية + ص – قراءة الشعرة الوسطى .

ص = ف ظا ن = ٣٧١,٨ × ظا ٢٥َ ٥٩° = ٦١,٧م

∴ منسوب قمة التل = ٢٠٠ + ١,٥٦ + ٦١,٧ – ٢,٠٠ = ٢٦١,٣ م

- فارق المسافة بين موضع اللوحة المستوية وكلا من قمة وحضيض التل

= ٣٧١,٨ م – ١٣١,٥م = ٢٤٠,٣ م

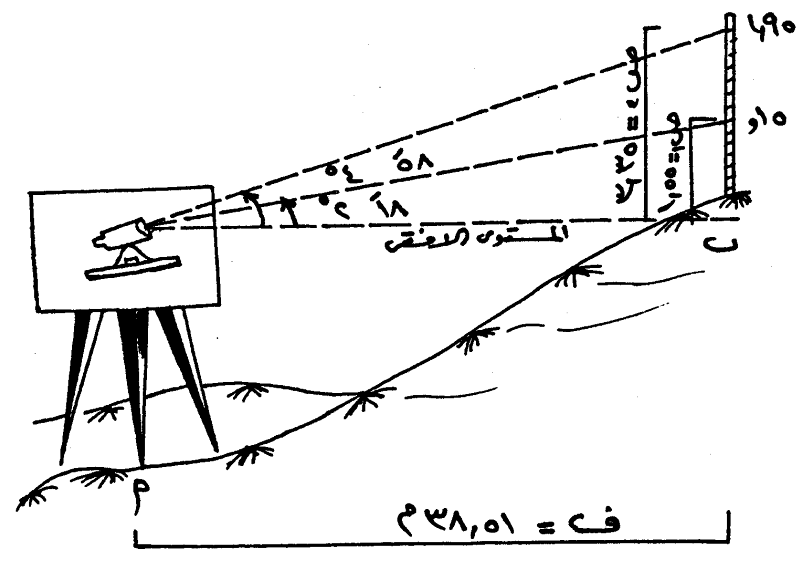
أي أن المسافة بين نقطة اسقاط قمة التل على المستوي الأفقي وأدنى نقطة فيه = ٢٤٠,٣ م

أما فارق المنسوب بين قمة التل وأدنى نقطة عند أقدامه

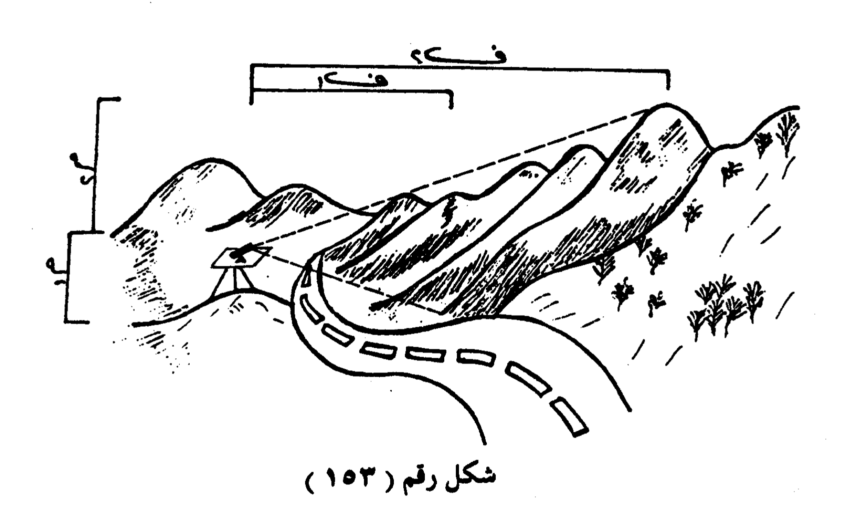
= منسوب القمة – منسوب الحضيض

∴ فارق المنسوبين = ( ٢٦١,٣ –١١٢,٤) = ١٤٩ م

أو فارق المنسوبين = (منسوب نقطة الجهاز – منسوب أدنى نقطة في التل) +(منسوب قمة التل – منسوب نقطة الجهاز )




شكل رقم ( ١٥٢ )



شكل رقم ( ١٥٣ )

∴ الفارق بين المنسوبين = (٢٠٠ -١١٢,٤) +(٢٦١,٣ -٢٠٠) = ١٤٨,٩م

- معدل الانحدار المطلوب = المسافة الرأسية ( فارق المنسوبين ) / المسافة الأفقية

أي أن معدل الانحدار المطلوب = ١٤٨,٩ / ٢٤٠,٣ = ١ / ١,٦١٤

أو ١٠٠ : ١٦١ تقريبا

**ملحوظة :**

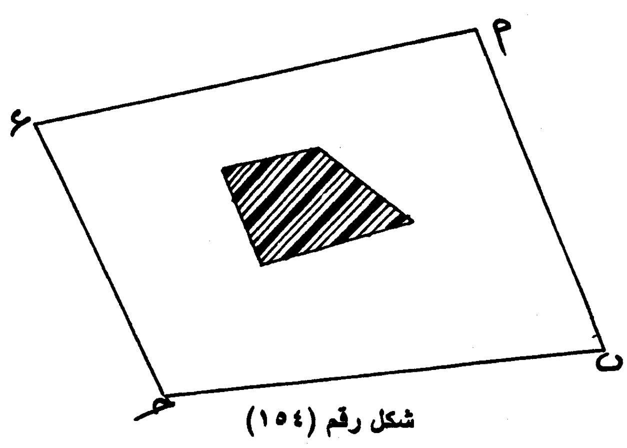
ويمكن إيجاد زاوية انحدار سفح التل حيث أن ظا زاوية الانحدار = فارق المنسوب / المسافة الأفقية

وتكون زاوية الانحدار = ٥٧ً ١٢َ ٥٨°

# تمارين على اللوحة المستوية

١- بين كيف توجد طول حاجز للأمواج موجود بالشاطئ الغربي لمصب فرع رشيد وأنت موجود على مسافة بعيدة منه (أولا) بالبلانشيطه ( ثانيا) بالبوصلة ( ثالثا ) بأدوات القياس العادية ( الطولية ) .

٢- أ ب جـ د حدود حديقة كبيرة غير مسورة ، بين مع الرسم الواضح الخطوات التي تقوم بها لرفع هذه الحديقة والمنزل س ص ع ل الموجود بداخلها باستعمال البلانشيطة ثم باستعمال أدوات القياس الطولية .



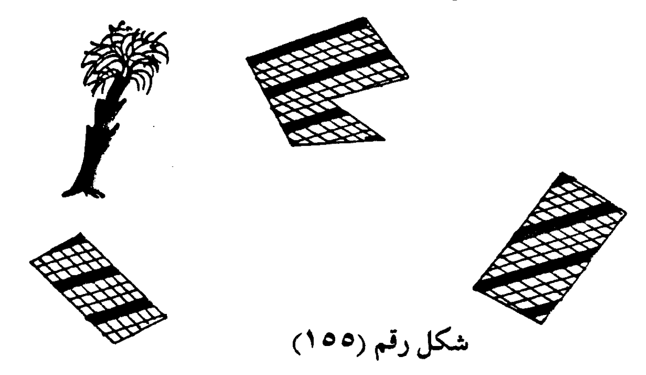

شكل رقم (١٥٤)

٣- لإيجاد منسوب النقطة أ من نقطة ب الموضوع عليها لوحة مستوية ارتفاعها ( ارتفاع سطح الأليداد) ١,٦٠ متر أخذت القراءات الآتية على القامة ٢,٠٦ ، ١,٥٠، ٠,٩٤ بزاوية ارتفاع مقدارها + ٣٠ ١٩ ٥٢ فإذا علم أن منسوب نقطة ب ١٠٠ متر وأن الأليداد به عدسة تحليلية وثابتة التاكيومتري ١٥٠ أحسب منسوب النقطة أ .

٤- وضعت قامة رأسية ورصدت باللوحة المستوية كما رصدت الزوايا الرأسية لهدفين على القامة فإذا كانت المسافة الرأسية بينهما = ٣,٣٧ متر والفرق بين ظلي زاوية الارتفاع = ٠,٠٣٥ ما منسوب نقطة القامة إذا

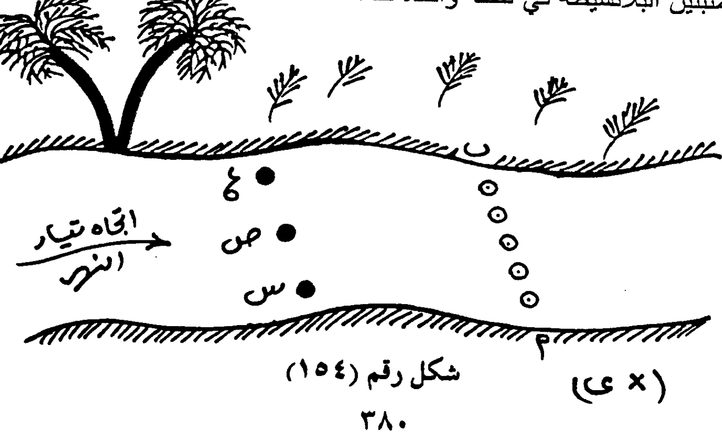
كان ظل زاوية الهدف السفلي = ٠,١٥١ والارتفاع عن الأرض للهـدف العلوي= ١,٦٢ م ومنسوب سطح الجهاز تحت سطح البحر بمقدار٥ م٠

٥- إذا عهد إليك برفع المضلع المبين في الشكل التـالي بواسـطة اللوحـة المستوية بين بخطوات مع الرسم كيفية هذا الرفع .



شكل رقم (١٥٥)

٦- في الشكل أ ب موضع كوبري قديم دعاماتها المبينة بالشكل على مسافات متساوية من بعضها ، أخذت جسات عند س ، ص ، ع متساوية البعد عن بعضها لوضع دعامات فيها وذلك لكوبري أخر جديد يوازي الكوبري القديم ، بين كيف نتأكد من أن خط الجسات س ، ص ، ع موازي حقيقة لمحور الكوبري أب ، مستعملا في ذلك البلانشيطة الموجودة عند نقطة ي على الشاطئ ، ولعدم إمكان نقل البلانشيطة فسنجري هذا التأكيد ونحن مثبتين البلانشيطة في نقطة واحدة فقط .




شكل رقم (١٥٤)

(× ى)

٧- وضعت لوحة مستوية على قمة تل وبعد التأكد من الأفقية قام جغرافي برصد أدنى نقطة في تل مجاور كذلك قمته ، فكانت زاوية الانخفاض عند رصد أدنى نقطة فيه هي ١٥َ ٣٣° ، وكانت قراءات الشعرات هي ٠,٩٥ ، ٢,١٥ ، ٣,٣٥ ، ثم قام برفع الأليداد حتى رصد قمة الجبل بزاوية ارتفاع ٣٠َ ٩° ، وكانت قراءات الشعرات هي ٠,١٦ ، ١,٩٩ ، ٣,٩٢ ، فإذا علمت أن منسوب نقطة الجهاز (ارتفاع التل) ٥٠٠ متر فوق منسوب سطح البحر ، وأن ارتفاع الجهاز ١,٥م ، وأن الأليداد مزود بعدسة تحليلية ، وثابتة التاكيومتري ١٠٠ ، أوجد معدل انحدار سطح التل المرصود .

# الفصل السابع

# قياس المناسيب (الميزانيات)

**مقدمة :**

* تركيب الميزان .
* الميزانية العادية .
* أولا :الميزانيات الطولية والعرضية وتقدير كميات الحفر والردم.
*طريقة إجراء الميزانيات الطولية .
* طرق حساب مناسيب النقط للميزانية الطولية

٣- طريقة منسوب سطح الميزان .

٤- طريقة الارتفاع والانخفاض .

* طرق إجراء الميزانية العرضية .
* التغلب على الصعوبات التي تواجه الميزانية .
* تقدير كميات الحفر والردم من الميزانيات الطولية والعرضية .
* ثانيا : الميزانيات الشبكية وتقدير كميات الحفر والردم .

١- طريقة المربعات .

٢- طريقة الاشعاع .

٣- طريقة النقط المبعثرة .

٤- الطريقة المباشرة .

تمارين على الميزانية .

## مقدمة :

بجانب تحديد المواقع الأفقية للنقط المختلفة على سطح الأرض يجب تعيين فروق الارتفاع والانخفاض لهذه النقط بالنسبة لبعضها البعض ، وفي هذه الحالة تسمى هذه الارتفاعات مناسيب نسبية ، وإذا كان الارتفاع بالنسبة إلى مستوى المقارنة فتعرف بالمناسيب المطلقة ، والخرائط التي توضح ارتفاعات النقط تعرف بالخرائط الطبوغرافية .

وإيجاد فرق الارتفاع بين نقطتين هو في الواقع تعيين المسافة الرأسية في اتجاه جاذبية الأرض بين المستويات الأفقية التي تمر بهذه النقط ، وقد اصطلحت الأوساط العالمية على اختيار متوسط منسوب سطح البحر ليكون هو مستوى المقارنة ، حيث أن الاتجاه العمودي عليه هو اتجاه جاذبية الأرض ، ويطلق على ارتفاع النقط عن مستوى سطح البحر ( بالمنسوب ) وفرق الارتفاع بين أي نقطتين يعرف بفرق المنسوب بينهما .

### مستوى المقارنة :

وهو المستوى الذي تقاس منه ارتفاع وانخفاض النقط المختلفة ، وهو عبارة عن متوسط منسوب سطح مياه البحار والمحيطات ، ويمكن تعيين هذا المستوى بواسطة أرصاد تستمر وقت طويل ، ومستوى المقارنة في مصر هو متوسط منسوب سطح مياه البحر الأبيض المتوسط داخل الميناء الشرقي بالإسكندرية وقد تم تعيينه سنة ١٨٩٨ بعد أرصاد دامت ثمانية سنوات .

### منسوب النقطة :

هو مقدار البعد الرأسي ( في اتجاه الجاذبية الأرضية ) بين هذه النقطة ومتوسط سطح البحر ، ويكون موجب إذا كانت النقطة واقعة فوق مستوى المقارنة ، وسالب إذا كانت تحته ، وإذا كانت الإشارة الموجبة فيعني ذلك ارتفاع عن سطح البحر ، أما إذا كانت سالبة فيعني ذلك انخفاض عنه .

### الروبيرات :

وهي نقط مثبته تثبيتا دائما ، ومنسوبها معين بدقة عالية ، ولما كان منسوب أي نقطة على سطح الأرض يجب أن ينسب إلى مستوى المقارنة ، وذلك عند تنفيذ أي ميزانية لذلك كان من الضروري إنشاء نقط ثابته وعلى مسافات مختلفة وتعرف بالروبيرات ، وعند عمل ميزانية في منطقة ما يمكن

البحث عن أقرت روبير وربط الميزانية به ، وذلك لسهولة حساب مناسيب النقط المختلفة ، والروبيرات تعتبر نقط مقارنة محلية في منطقة العمل، وتقوم مصلحة المساحة في كل بلد بتنفيذ شبكة ميزانية وترسم لها خريطة خاصة تعرف بخريطة الروبيرات ، على أن ترقم هذه الروبيرات بأرقام مسلسلة ، كما ترسم لها كروكيات مكتوب عليها أوصاف المنطقة المحيطة بالنقطة ، ورقم الروبير ، ومنسوبة ، ثم تفرغ هذه الكروكيات في جدول يعرف بدفتر الروبيرات .

## أنواع الروبيرات :

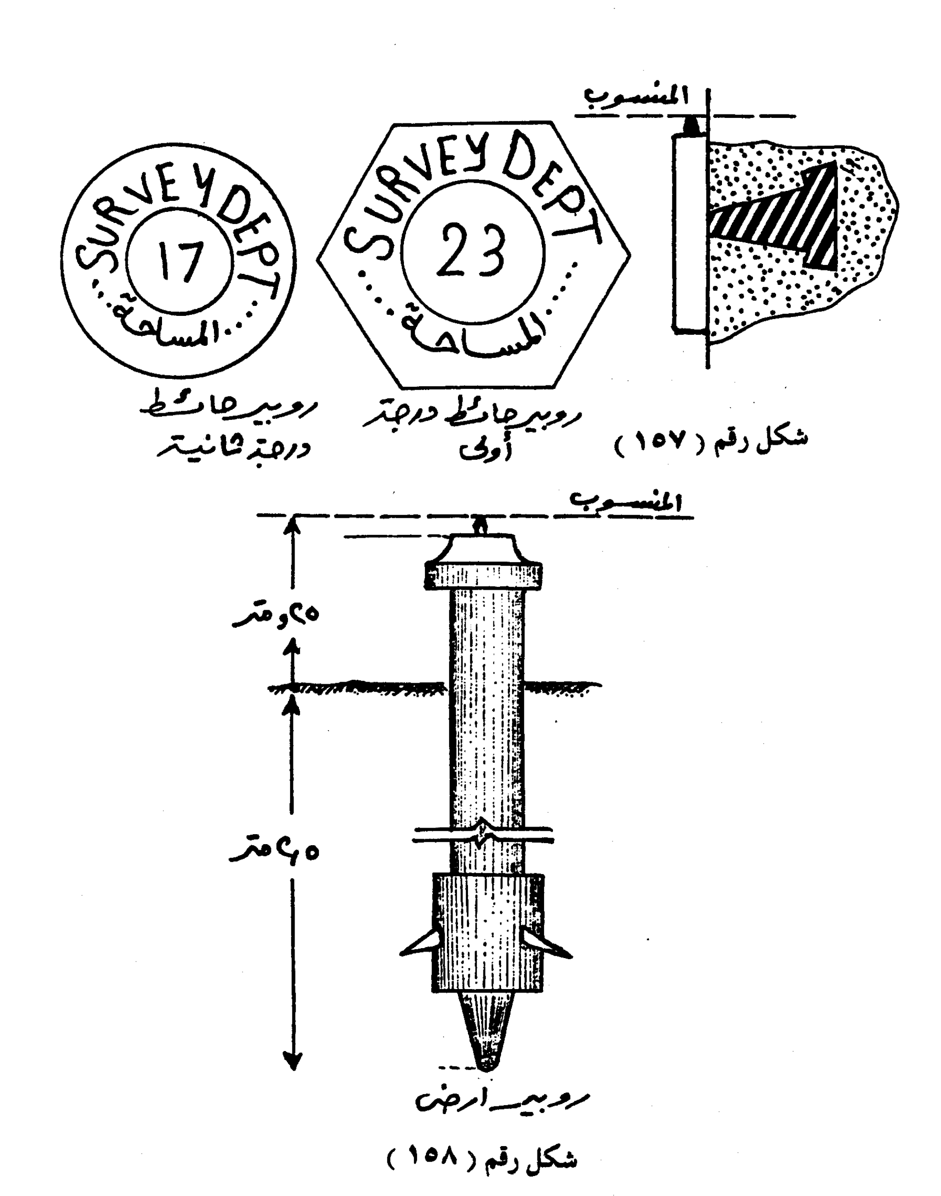
تنقسم الروبيرات من حيث طريقة التثبيت إلى :

١- **روبير الحائط** شكل (١٥٧ ) وهو عبارة عن قطعة من الحديد على شكل مسدس في سطحه الأعلى توجد نصف كرة من النحاس ومنسوب هذا الروبير يكون عند أعلى نقطة على سطح هذه الكرة .

٢- **الروبير الأرضي** شكل (١٥٨) ويطلق عليه أحيانا روبير البريمة ، وهو على شكل ماسورة طولها ٢,٥ متر ، وتنتهي من أسفلها ببريمة تغرس في الأرض إلى عمق ٢متر تقريبا ، وأعلى الرأس يوجد بروز مستدير قيمته هي منسوب الروبير.

**نظرية الميزانية :**

لإيجاد منسوب نقطة مثل ب على سطح الأرض ، نبحث عن فرق المنسوب بينهما وبين نقطة أخرى معلومة مثل أ ، لذلك يجب قياس المسافة الرأسية بين كل من النقطتين وسطح البحر ، ولكن بما أن منسوب نقطة أ معلوم ، فيكفي أن ننشئ سطحا يوازي سطح البحر يمر بكل من النقطتين ويقاس البعد الرأسي بين هذين السطحين ، وعمليا لا يمكن إنشاء سطح يوازي الجيوئيد بل يمكن إنشاء مستوى يمر بنقطة ما ويكون عموديا على الجاذبية الأرضية ، هذا المستوى يمثل السطح المطلوب إذا كانت المسافة بين النقطتين قصيرة ، أما إذا كانت ب تبعد عن أ مسافة كبيرة فيجب تقسيم المسافة إلى أجزاء تقسيم وقياس فرق المنسوب بين نهايتي كل جزء $ع_١$ ،$ع_٢$، ... $ع_ن$ . فيصبح فرق المنسوب بين النقطة الأولى والأخيرة هو :




شكل رقم ( ١٥٧ )

شكل رقم ( ١٥٨ )

$\Delta$ ع = $ع_1 + ع_2 + ...... + ع_ن$

أما المستوى المذكور فيتكون بتحديد خط أفقي يمكنه الدوران حول المحور الرأسي ، هذا الخط يمكن تقاطعه مع القامة لقياس فرق المنسوب ، عمليا يمثل محور المنظار المساحي هذا الخط المطلوب . كما يجب أن يتصل هذا المحور بقاعدة تمكنه في الدوران الأفقي حول المحور الرأسي وهذا الجهاز هو الميزان .

## تركيب الميزان :

### ١- قاعدة الجهاز :

أي جهاز يستعمل في الرصد يثبت فوق حامل ذى ثلاثة أرجل ،جميع الأرجل من الخشب المتين ، وقد تكون الأرجل من قطعة واحدة أو من قطعتين منزلقتين لتساعد في ضبط الأفقية ، وفي نهاية كل رجل جلبه حديد مدببة ليسهل غرس الأرجل وتثبيتها في الأرض ، والأرجل الثلاثة متصلة برأس الحامل بواسطة مسامير يمكن بها تثبيت الأرجل في وضعها .

وقاعدة الجهاز هذه عبارة عن القاعدة المثبت فيها المحور الرأسي للجهاز المستعمل ، والتي ترتكز على رأس الحامل بواسطة ثلاثة مسامير متحركة ، يمكن بواسطة هذه المسامير ميل القاعدة لضبط المحور الرأسي بواسطة ميزان تسوية قد تكون مثبتة في القاعدة نفسها أو في مكان أخر .

### ٢- المنظار :

يتكون المنظار في أبسط صورة من عدستين مجمعتين ، إحداهما بعدها البؤري كبير هي عدسة الشيئية والأخرى بعدها البؤري صغير هي العدسة العينية ، والخط الواصل بين مركز العدسة العينية ومركز العدسة الشيئية يسمى المحور البصري ولظهور الصورة واضحة من العينية يجب أن تقع الصورة المكونة من الشيئية في بؤرة العينية وبما أن بعد الصورة عن العدسة الشيئية تتغير حسب قانون العدسات .

$$\frac{1}{أ} + \frac{1}{ب} = \frac{1}{ف}$$

.... حيث

أ – بعد الجسم من العدسة الشيئية .

ب– بعد الصورة عن العدسة الشيئية .

ف– البعد البؤري للعدسة الشيئية .

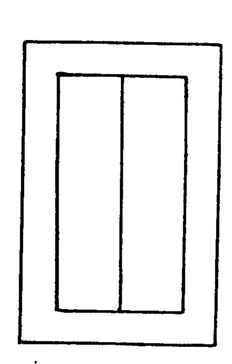
لذلك يجب أن تكون العينية متحركة بالنسبة للعدسة الشيئية ، أو يـزود المنظار بعدسة مساعدة متحركة لتغيير البعد البؤري للشيئية حسب بعد الجسم ، على أن تكون المسافة بين الصورة المكونة والعينية ثابتة ، ويتم ذلك بحيث تنزلق الاسطوانة الخاصة بالعدسة العينية داخل الاسـطوانة الحاويـة علـى العدسة الشيئية، وذلك بواسطة مسمار خاص يعرف بمسمار التطبيق ، ويمكن تعريف التطبيق بأنه عملية وقوع الصورة في مستوى حامل الشعرات .

٣- ثلاث مسامير للتسوية لجعل خط النظر أفقيـا تمامـا ، وتوجـد هـذه المسامير في القاعدة المثلثية ، وتضبط أفقية الميـزان كمـا تضـبط أفقيـة التيودوليت تماما.

٤- ميزان تسوية داخلي لضبط أفقية خط النظر بدقة ، وهذا الميزان محفوظ داخل علبة معدنية حتى لا يتعرض للتأثيرات الجويـة والشـمس والرطوبـة والتي تؤثر تأثيرا بالغا على حساسية الفقاعة ، وهذه العلبة لها غطاء بداخلـه مرآة لإمكان رؤية الفقاعة أثناء الرصد بانعكاس صورتها للعـين بـدون أن يتحرك الراصد ،كما أن هذه الفقاعة تنعكس إلى عين الراصد – فـي بعـض الموازين– في منظار جانبي ، بجوار العدسة العينية ، بواسطة عدة منشورات زجاجية أو مرايا ، وتظهر الفقاعة منقسمة إلى قسمين ، كل قسم فيها عبـارة عن ربع الفقاعة متبادل مع الربع الآخر ، فإذا لم يكن المنظار أفقيا تمامـا ، فإننا نلاحظ أن المسافة بين هذين الربعين كبيرة ، وتقل هذه المسـافة حتـى تتلاشى في حالة ضبط الأفقية تماما والشكل رقـم (١٥٩) يوضـح ميـزان التسوية الداخلي قبل وبعد ضبط أفقيه .

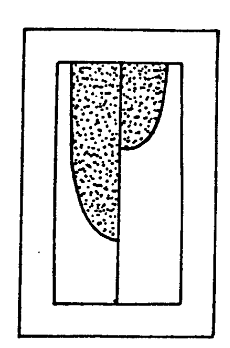
وهناك مسمار خاص لضبط أفقية ميزان التسوية الداخلي ، مثبت أسفل العدسة العينية يطلق عليه ( الميكرومتر) ويستعمل لضبط أفقية الفقاعة عنـد كل قراءة عقب التوجيه نحو القامة . لأنه لو اسـتخدمت مسـامير التسـوية الموجودة في القاعدة فإن المستوى الأفقي السابق ضبطه سيتغير ارتفاعـا أو هبوطا ، مما يسبب أخطاء كبيرة في مناسيب النقط .

وفي بعض الأنواع الحديثة ، تظهر الفقاعة في داخل المنظار الرئيسي في الجزء السفلي منه ، حتى يلاحظها الراصد أثناء رصده لقراءة القامة ، إذ أن بعض الراصدين قد يسهو عليه النظر في المنظـار الجـانبي لملاحظـة ميزان التسوية الداخلي والتأكد من أفقيته .



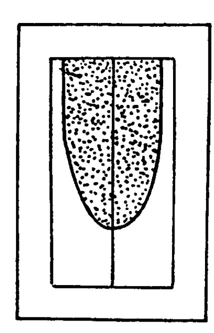
مستوى ميزان التسوية خارج مجال الضبط

( لعدم ظهور نصف حرف U )



مستوى ميزان التسوية داخل مجال الضبط

( لكنه لم يضبط بعد )



تم ضبط مستوى ميزان التسوية (ضبط الأفقية)

(نتيجة اتحاد شطري حرف U)

شكل رقم ( ١٥٩ )

٥- ومعظم الموازين الحديثة مثبت في قاعدتها قرص أفقي به تـدريج لـه منظار خاص وذلك لمعرفة زاوية اتجاه خط النظر عن الاتجاه الأساسـي ، خاصة أثناء إجراء الميزانيات الشبكية ( كما سيأتي فيما بعد ) .

٦- مسمار الحركة الأفقية السريعة للتوجيه الأولي ومسمار الحركة البطيئـة للتوجيه الدقيق حتى تقع الشعرة الوسطى من حامل الشعرات في منتصـف القامة تماما .

## أنواع موازين التسوية:

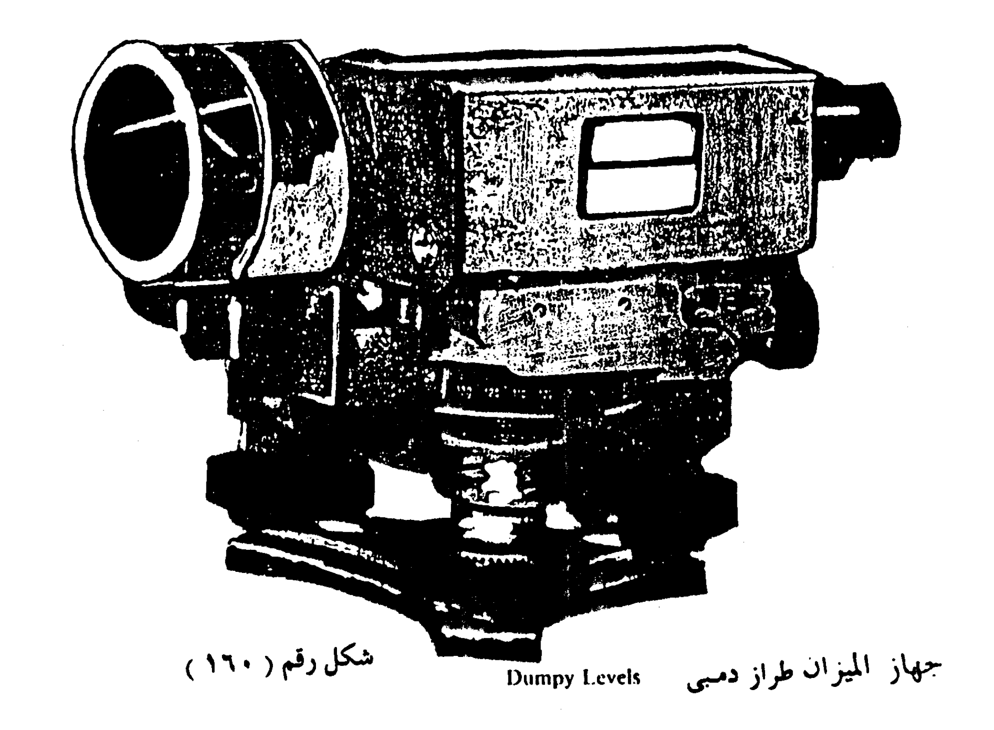
الميزان هو عبارة عن منظار مثبت به وموازي لمحوره ميزان تسـوية يساعد على ضبط أفقية محور المنظار، الذي يحدده عنـد دورانـه مسـتوى وهمي يوازي مستوى سطح البحر ، ويعرف هذا المستوى بمسـتوى سـطح الموازين ، ومنسوبه يطلق عليه منسوب سطح الميزان ، ويوجد عدد كبيـر من أصناف الموازين المختلفة التصميم والشكل ولكنها كلها تتفق فـي نفـس الفكرة والغرض .

وأهم أنواع الموازين المستخدمة في مصر هي .

أ- موازين طرازكوك :

يعتمد تصميمها على إمكان عكس المنظار ، وقد قل استخدام هذا النوع في الوقت الحاضر بسبب ظهور الأنواع الأحدث .

والشكل رقم ( ١٦٠) يوضح ميزان كوك القديم ، ويتركب من منظـار تلسكوبي مركب في داخل اسطوانة نحاسية لها طوقان ، حيث يمكن سـحب المنظار منها وتركيبه فيها بالعكس ، ويتراوح طول أنبوبة المنظار مـا بـين ١٠، ١٦ بوصة ، وهذه الأسطوانة مركبة على قاعدة بها مسـامير تسـوية لضبط أفقيتها ، وفوق الأسطوانة ميزان تسوية طولي ، له مسـمار خـاص مركب أسفل الأسطوانة لضبط أفقية الأسطوانة ، وبالتالي ضبط أفقية محـور المنظار ضبطا دقيقا ، ويوجد بقاعدة الجهاز بوصـلة دائريـة منشـورية ، ومركب على الإبرة المغناطيسية إطار معدني مدرج لبيـان إنحـراف خـط النظر عن الشمال المغناطيسي .



جهاز الميزان طراز دمبى Dumpy Levels

شكل رقم ( ١٦٠ )

ب- موازين طراز دمبي : Dumpy Levels

وهي من الأنواع الحديثة الشائعة الاستعمال حاليا ، ويعتمد تصميمها على أن منظار الميزان غير قابل للعكس ، كما يمتاز هذا النوع بأن أسطوانة المنظار تتصل معدنيا بالمحور الرأسي وعمودية عليه ( كتلة واحدة) ، الأمر الذي يجعلها لا تتأثر بكثرة استعمال الجهاز ، بعكس ميزان كوك الذي يتصل فيه محور المنظار الرأسي بالقاعدة بواسطة صامولة يمكن أن تتحرك مما يجعله عرضة للخطأ .

## الضبط المؤقت لميزان التسوية :

تتم عملية الضبط المؤقت أثناء القياس وقبل أخذ الأرصاد مباشرة وتختلف باختلاف الجهاز ويتكون من .

أ- الأفقية :

يضبط الميزان أفقيا أي يكون القرص الأفقي للمنظار عموديا تماما على الاتجاه الرأسي كالآتي :

١- أثناء وضع الجهاز في النقطة المفروض وضعه بها نحاول أن نضبط الأفقية بتحريك أرجل الحامل مع ملاحظة ميزان التسوية الكروي ، ثم بواسطة مسامير التسوية الثلاثة نضبط ميزان التسوية المستدير بدقة .

٢- ندير المنظار بحيث يكون موازيا تماما لأي مسمارين من مسامير القاعدة المثلثية ثم نحرك المسمارين ببطء للداخل أو الخارج حتى نرى الفقيعة المستطيلة في المنتصف تماما .

٣- ندير المنظار °٩٠ حتى يكون عموديا على الوضع الأول ثم نحرك المسمار فقط حتى تصبح الفقيعة في منتصف مجراها فنحصل على المستوى الأفقي المطلوب.

٤- إذا كان الميزان من النوع ذي التسوية المستديرة فقط ، فإنه يمكن ضبطها بواسطة مسامير التسوية الثلاثة وذلك بتحريك مسمارين من مسامير التسوية في نفس الوقت إما للداخل أو الخارج معا ، وذلك لتحريك الفقيعة في اتجاه الخط الواصل بينهما ، ثم نحرك المسمار الثالث بمفرده لتتحرك الفقيعة في الاتجاه العمودي على الأول ، وهكذا حتى تدخل الفقيعة في وسط الدائرة وبذلك يكون الميزان مضبوطا أفقيا تماما .

٥- يجب عدم استخدام مسامير التسوية إلا في أول الضبط حتى لا يتغير المستوى الوهمي لسطح الميزان .

٦- لضبط خط النظر أفقيا وحفظه دائما يلزم التأكد من صورة ميزان التسوية الموجود داخل العينية ، ويضبط المنظار بواسطة مسمار خاص إلى أن ينطبق النصفان في ميزان التسوية الداخلي ، ويجب ضبط ميزان التسوية الداخلي عند كل قراءة للقامة .

ب- التطبيق :

يسمى أحيانا بتصحيح خطأ الوضع ، وهذا الخطأ عبارة عن عدم ثبات الصورة تبعا لتحريك العين في اتجاهات مختلفة ، ولاختبار هذا الخطأ تحرك العدسة العينية إلى الداخل أو إلى الخارج حتى نرى القامة واضحة ، ثم نحرك العين إلى أعلى أو إلى أسفل فإذا تحركت الشعرات تبعا لحركة العين فذلك دليل على عدم صحة التطبيق ، وبعبارة أخرى عدم وقوع الصورة على حامل الشعرات ، ولتلافي ذلك يعاد تحريك مسمار التطبيق حتى نرى الصورة واضحة لا تتحرك تبعا لحركة العين .

# الميزانية

تنقسم الميزانية إلى الأنواع الآتية :

١- الميزانية العادية :

بواسطتها يمكن تعيين مناسيب النقطة المختلفة بالنسبة لمستوى سطح المقارنة ، وذلك باستعمال ميزان عادي (هندسي) وقامة عادية ، وتكون نقط القياس كافية من الناحية العلمية ، وتستخدم هذه الميزانية في المشروعات الهندسية ، والزراعية ، ويمكن تقسيمها من حيث طريقة العمل إلى :

أ- ميزانية طولية . ب- ميزانية شبكية .

٢- الميزانية الدقيقة :

الميزانية الدقيقة أهم الطرق لتعيين مناسيب النقط ، ويستخدم لهذا الغرض ميزان خاص يعرف بالميزان الدقيق ، وكذلك قامة خاصة ،

وتستخدم هذه الميزانية في الأبحاث العلمية الخاصة بدراسة تحركات القشرة الأرضية ، ولتكوين شبكات الميزانية للبلدان المختلفة .

**٣- الميزانية المثلثية :**

وتستخدم في إيجاد فرق الارتفاع بين النقط في شبكات المثلثات ، وذلك بواسطة قياس الزوايا الرأسية ، ومعرفة المسافات الأفقية ، وهي أقل دقة من الميزانية الدقيقة .

**٤- الميزانية البارومترية :**

وتعتمد أساسا على الظواهر الطبيعية ، وهي التغير في الضغط الجوي كلما تغير الارتفاع عن سطح البحر ، وبذلك يمكن تعيين فرق ارتفاع النقط بمعرفة مقدار التغير في الضغط الجوي .

وسوف نكتفي بشرح النوع الأول فقط وذلك لأهميته في النواحي الجغرافية والأعمال الهندسية والمشروعات الزراعية .

**الميزانية العادية :**

ويطلق عليها أحيانا الميزانية الهندسية ، وهي عملية تحديد البعد الرأسي بين النقط المختلفة ، وذلك بتعيين فرق الارتفاع أو الانخفاض عن طريق تقاطع مستوى أفقي مع مقياس رأسي موضوع عند النقط المطلوب إيجاد منسوبها ، ويحدد المستوى الأفقي بواسطة الميزان ، والمقياس الرأسي هو القامة ، وتعتبر الميزانية ركن هام في الأعمال المساحية ، وتستخدم في جميع المشروعات الهندسية ، والزراعية مثل إنشاء الطرق ، وشق الترع والمصارف ، وتقسيم وتسوية الأراضي ، كما تستخدم في النواحي الجغرافية ، وتنقسم الميزانية العادية من حيث الغرض المستعملة من أجله إلى الأقسام التالية :

١- *الميزانية الطولية :*

تستخدم هذه الطريقة لإيجاد مناسيب النقط على امتداد محاور الظواهر الجغرافية التي تمتد امتدادا طوليا مثل الترع والمصارف والطرق ، ويتم إجراء الميزانية بتحديد نقط على طول امتداد محور الظاهرة على مسافات

متساوية ، يرسم لها كروكي وترقم أو تميز بحروف الهجاء ، ويعد في دفتر الغيط جدول ميزانية مقسم على النحو الآتي :

( جدول ٦٢ ) تدوين الميزانية الطولية

| رقم النقطة | القراءات | | | طريقة العمل الحسابي | المنسوب | المسافة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | مؤخرة | متوسطة | مقدمه | | | |

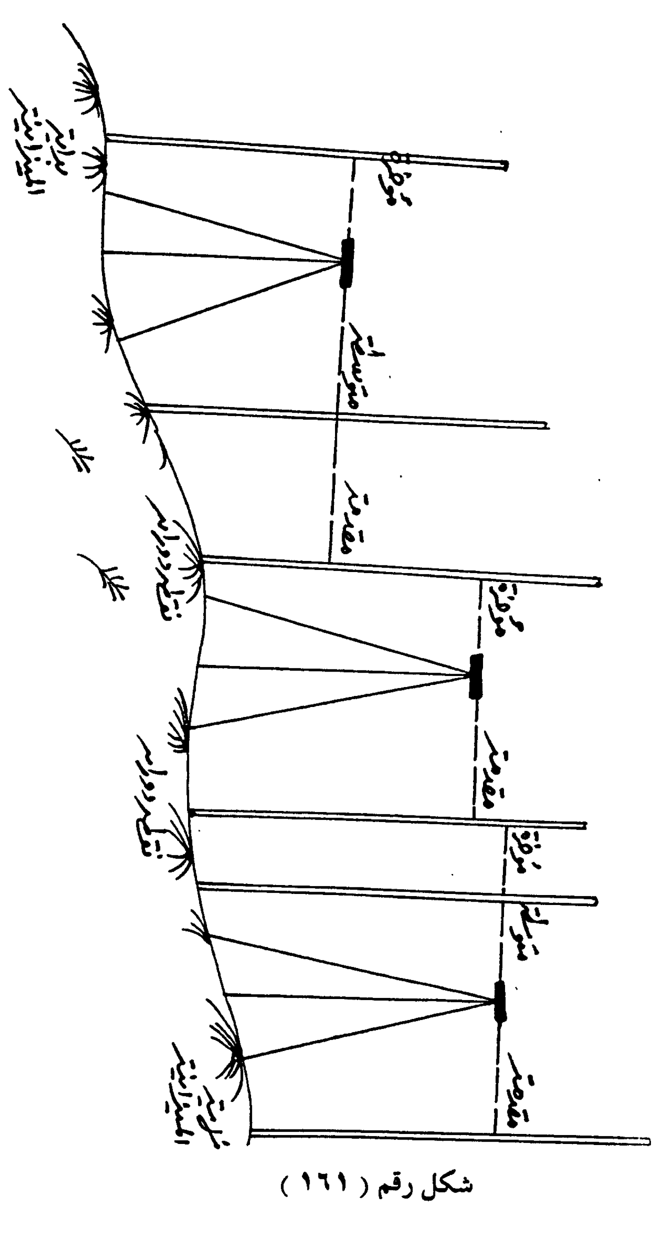
٢- *الميزانية الشبكية* :

تستخدم الميزانية الشبكية لتحديد مناسيب سطح الأرض في منطقة تتميز بخفة التضاريس ، بهدف إنشاء خريطة كنتورية للمنطقة ، أو بغرض إجراء عمليات تسوية الأراضي للمشروعات الهندسية ، أو التسوية على ميول معينة لإقامة مشروعات الري والصرف وما شابه ذلك من أغراض ، ويتبع في إجراء الميزانية الشبكية عدد من الطرق تختلف في أسلوب التنفيذ إلا أنها تتفق جميعا في الغاية ، وهي تحديد مناسيب أكبر عدد من النقط في المنطقة المطلوب إجراء الميزانية الشبكية لها .

**أولا : الميزانية الطولية والعرضية وتقدير كميات الحفر والردم.**

تستخدم في عمل القطاعات ولسرعة إنجاز العمل يمكن استعمال قامتين ، على أن يوضع الميزان في منتصف المسافة تماما لتجنب بعض الأخطاء ، وقبل أن نبدأ في شرح هذه الطريقة يجب إيضاح بعض الاصطلاحات الخاصة بالميزانية :

١- **المؤخرة** : وهي القراءة التي تأخذ بعد ضبط الميزان مباشرة " ضبط مؤقت " ( شكل رقم ١٦١) .
٢- **المقدمة** : وهي آخر قراءة تأخذ لوضع الميزان .
٣- **المتوسطة** : وهي القراءات التي تؤخذ بين المؤخرة والمقدمة .
٤- **نقطة الدوران** : هي النقطة التي يؤخذ عندها قراءتين إحداهما مقدمة والأخرى مؤخرة ، أي عند هذه النقطة ينقل الميزان ويدور حول القامة ، بينما تظل القامة ثابتة في مكانها ، لذلك يجب مراعاة أن تكون القامة عند هذه النقطة على أرض صلبة حتى لا تتعرض للهبوط وتؤثر على دقة الأرصاد .




شكل رقم ( ١٦١ )

ويلاحظ أنه في حالة عمل الميزانية الطولية فإن القامة تتحرك والميزان ثابت أو الميزان يتحرك والقامة ثابتة .

### طريقة إجراء الميزانية الطولية :

قبل بدء العمل المساحي يقوم الجغرافي بمراجعة الأجهزة اللازمة لإجراء الميزانية ( الميزان والقامة) للتأكد من صلاحيتها قبل الانتقال إلى الحقل ولإجراء الميزانية الطولية نتبع الخطوات الآتية .

١- يوضح جهاز الميزان في موقع بين أول نقطة من نقط الميزانية والنقطة الثانية، ويفضل أن تكون نقطة موضع الجهاز في موقع متوسط مثل النقطة (١) ، يتم ضبط أفقية الجهاز باستخدام مسامير ضبط أفقية ميزان التسوية الدائري الملحق بقاعدة الجهاز .

٢- يقف المساعد على النقطة المعلومة ولتكن روبير ، مع الاحتفاظ بالقامة رأسية ثم يقوم الجغرافي بالتوجيه نحو القامة الموجودة عند النقطة أ باستخدام مسمار الحركة السريعة ، ثم يضبط الشعرة الرأسية بحيث تتوسط القامة باستخدام مسمار الحركة البطيئة .

٣- بعد توضيح الصورة وقبل القراءة مباشرة يتم ضبط ميزان التسوية الداخلي إن وجد بحيث تظهر فقاعة الميزان على شكل حرف U ، ثم تقرأ القامة ويدونها في خانة المؤخرات .

٤- بناء على إشارة متفق عليها ينتقل المساعد إلى نقطة ب ويضبط القامة رأسيا ، ويقوم الجغرافي بتوجيه منظار الميزان نحو القامة وقبل قراءة القامة يعيد ضبط ميزان التسوية الداخلي ، ثم يقرأ القامة ويسجلها في جدول الميزانية أمام النقطة ٢ في خانة المقدمات .

٥- ننتقل بالميزانية إلى نقطة (٢) في منتصف المسافة بين ب ، جـ وهو الوضع الثاني للميزان ، في هذه الأثناء يجب ألا تتحرك القامة إطلاقا من مكانها وإلا فقدنا المنسوب الذي تحدد من العملية السابقة ، لأن هذه النقطة لا يوجد ما يميزها سوى وجود القامة فلم تثبت بها أي ثوابت على الأرض ، كل ما يحدث هو أن تدور القامة في مكانها لتواجه الميزان في وضعه الجديد ، وتسمى هذه النقطة بنقطة دوران .

٦- نضبط الميزان أفقيا وتقرأ القامة وهي في النقطة ب لنحصل على مؤخرة ثم يشير الجغرافي للمساعد لينتقل بالقامة إلى نقطة جـ وتأخذ مقدمة جديدة .

٧- يقوم الجغرافي بنقل الجهاز إلى موضعه (٣) في موقع متوسط بين جـ ، د ويظل المساعد في موقعه عند نقطة جـ ، ويدير وجه القامة فقط في اتجاه الميزان ويضبط الجغرافي ميزان التسوية الداخلي ويسجل قراءة المؤخرة عند نقطة جـ .

٨- يشير الجغرافي للمساعد لينتقل إلى نقطة د بالقامة وليقف بها رأسية تماما ، ويقوم بالتوجيه عليها وضبط التسوية الداخلية وقراءة القامة وتسجيلها في خانة المقدمات .

٩- تكرر نفس الخطوات على طول امتداد خط الميزانية الطولية حتى النقطة الأخيرة التي يكون تسجيلها في خانة المقدمات بالجدول .

١٠- يلاحظ أن الميزانية بدأت بمؤخرة وانتهت بمقدمة ( وهذه قاعدة أساسية ) ويمكن حساب الفرق بين نقطة أ ، د عن طريق .

**منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات**

**جدول رقم (٦٣)**

| النقطة | القراءات | | | المنسوب | المسافة | الملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | مؤخرة | متوسطة | مقدمة | | | |
| أ | ٢,٩ | - | - | | ٠ | بداية الميزانية |
| ب | ١,١ | - | ٠,٦ | | ٥٠ | نقطة دوران |
| جـ | ١,٨ | - | ٢,٤ | | ١٠٠ | نقطة دوران |
| د | - | - | ٠,٧ | | ١٥٠ | نهاية الميزانية |

وإجراء الميزانية بالصورة السابقة يجعلها ميزانية دقيقة جميع إرصادها تمت عن طريق المؤخرات والمقدمات .

ويمكن أن تجرى الميزانية بحيث يتم قراءة القامة على عدد من النقط بين نقطة البداية ( المؤخرة) وبين نقطة نهايتها ( المقدمة) من وضع

واحد للميزان ، وتسجل قراءات القامة في هذه الحالة أمام النقط في خانة المتوسطات .

١١- لتحقيق العمل يجب أن نعيد الميزانية من نقطة النهاية في الاتجاه العكسي حتى نقطة الروبير الذي بدأنا منه ، فلو كان العمل صحيحا نحصل على منسوب هو نفسه منسوب الروبير الأصلي ، وإذا ما وجد روبير آخر قريب من نقطة النهاية فيمكن تكملة الميزانية إليه بدلا من العودة إلى الروبير الأول ، ويجب أن نحصل له على المنسوب المعطى في دفتر الروبيرات هذا طبعا في حدود الخطأ المسموح به .

**الخطأ المسموح به في الميزانية :**

يتناسب الخطأ المسموح به في الميزانية مع عدد أوضاع الميزان ، نظرا لأن عددها يكون ثابتا تقريبا في الكيلومتر الواحد . والخطأ المسموح به يمكن استنتاجه من المعادلة :

الخطأ المسموح به ( بالمليمترات) $=$ ن $\sqrt{\text{ك}}$

حيث ن : عدد ثابت

ك : طول الميزانية بالكيلومتر

ويختلف قيمة العدد الثابت تبعا لدرجة الميزانية ودقتها ، ففي هيئة المساحة المصرية يكون الخطأ المسموح به كما يلي :

ميزانية الدرجة الأولى ٥ $\sqrt{\text{ك}}$

ميزانية الدرجة الثانية ١٠ $\sqrt{\text{ك}}$

ميزانية الدرجة الثالثة ١٢ $\sqrt{\text{ك}}$

وعلى أية حال ، فإن العدد الثابت يتوقف على خبرة الراصد ونوع الميزانية وطبيعة الأرض والظروف الجوية التي أجريت فيها الميزانية .

## طرق حساب مناسيب النقط للميزانيات الطولية :

### ١- *طريقة منسوب سطح الميزان .*

في هذه الطريقة يحدد منسوب المستوى الأفقي لخط نظر جهاز الميزان ، بقياس ارتفاعه عن أحد الروبيرات أو عن نقطة منسوبها معلوم

بدقة ، ويقصد بالمستوى الأفقي ذلك الذي يعينه خط نظر المنظار عندما يكون الجهاز أفقيا تماما ، ثم تحدد مناسيب النقط بعد ذلك بقياس انخفاضها – الذي تعينه قراءة القامة عندها – عن منسوب خط نظر الميزان الذي يسمى عادة مستوى سطح الميزان ، ويرمز له بالرمز ( م.س.م ) .

**مثال ٧٢ : القراءات الآتية أخذت أثناء إجراء ميزانية طولية على محور طريق كل ٥٠متر فكانت نقاطه هي أ ب جـ د هـ و ، فإذا علمت أن النقطة د نقطة دوران ، وكانت أ روبير منسوبة ٢٠ متر فوق مستوى سطح البحر، والمطلوب وضع هذه القراءات في جدول ميزانية كامل مع حساب مناسيب باقي النقط بطريقة منسوب سطح الميزان ١,٦٥ ، ٢,٦٣ ، ٣,٧٥ ، ٢,٩٥ ، ٣,٧٤ ، ٣,٤٤ ، ٣,١٥ .**

**طريقة الإجابة :**

أ- مكون الجدول رقم ( ٦٤ ) .

ب- يجمع منسوب النقطة ( أ ) مع قراءة القامة المدونة أمامها في خانة المؤخرات ، فينتج منسوب سطح الميزان ( ٢٠م + ١,٦٥م ) = ٢١,٦٥ ونسجلها في خانة (م.س.م ) أمامها .

جـ- تطرح جميع قراءات القامة عند باقي النقط التالية ( المتوسطة ) حتى قراءة المقدمة التي تمثل آخر قراءة لهذا الوضع للميزان من منسوب سطح الميزان ، فيكون الناتج عبارة عن منسوب كل نقطة ويدون أمام كل منها في خانة المنسوب .

منسوب نقطة ب = ٢١,٦٥ – ٢,٦٣ = ١٩,٠٢

منسوب النقطة جـ = ٢١,٦٥ – ٣,٧٥ = ١٧,٩٠

منسوب النقطة د = ٢١,٦٥ – ٢,٩٥ = ١٨,٧٠

د- عند النقطة د ينتهي الوضع الأول للميزان بقراءة القامة المدونة في خانة المقدمات ، ويبدأ الوضع الثاني للميزان بالقراءة المدونة في خانة المؤخرات أمام هذه النقطة ، تضاف قراءة المؤخرة إلى منسوب هذه النقطة ، فينتج منسوب سطح الميزان لهذا الوضع الجديد ويدون أمام النقطة ( د ) .

م . س .م = ١٨,٧٠ + ٣,٧٤ = ٢٢,٤٤

هـ- لإيجاد منسوبي النقطتين (هـ ، و ) تطرح قراءات القامة المدونة أمام كل منهما من منسوب سطح الميزان لهذا الوضع الجديد .

منسوب نقطة هـ = ٢٢,٤٤ – ٣,٤٤ = ١٩,٠٠

منسوب نقطة و = ٢٢,٤٤ – ٣,١٥ = ١٩,٢٩

ولتحقيق العمل الحسابي .

- عدد المؤخرات = عدد المقدمات = ٢ .
- مجموع المؤخرات – مجموع المقدمات = – ٠,٧١ .
- منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = – ٠,٧١

ولتحقيق المتوسطات :

- مجموع مناسيب النقط – منسوب النقطة الأولى = ٩٣,٩١ .
- ( مجموع منسوب كل سطح ميزان × عدد المتوسطات والمقدمة المأخوذة منه ) – المجموع الكلي للمقدمات والمتوسطات .

منسوب سطح الميزان الأول × ٣ = ٢١,٦٥ × ٣ = ٦٤,٩٥

منسوب سطح الميزان الثاني × ٢ = ٢٢,٤٤ × ٢ = ٤٤,٨٨

المجموع الكلي للمقدمات والمتوسطات = ٦,١ + ٩,٨٢ = ١٥,٩٢

∴ الناتج = (٦٤,٩٥ + ٤٤,٨٨ ) – ١٥,٩٢ = ٩٣,٩١

وبما أن الناتج في كل من العمليتين متساوي وهو ٩٣,٩١ إذا يكون حساب مناسيب المتوسطات صحيحا .

من تتبع الجدول السابق نلاحظ الآتي :

أ- أول رصده تكتب في الجدول هي مؤخرة وآخر رصده تكتب عبارة عن مقدمة.

ب- على نفس السطر المكتوب عليه أي مؤخرة يكتب منسوب سطح الميزان

ج- أي نقطة دوران يجب أن يقابلها مؤخرة على نفس السطر ما عدا المقدمة الأخيرة .

د- المتوسطات لا تؤثر إطلاقا على منسوب الميزان ، ولذا فلن يكتب أي منسوب للميزان أمام أي متوسطة . إلا إذا كان منسوب هذه النقطة هو المنسوب المعلوم (روبير) .

( جدول ٦٤ ) مناسيب النقط بطريقة منسوب سطح الميزان .

| النقطة | قراءات القامة | | | م.س.م | المنسوب | المسافة | الملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | مؤخرة | متوسطة | مقدمة | | | | |
| أ | ١,٦٥ | | | ٢١,٦٥ | ٢٠,٠٠ | ٠ | روبير منسوبه ٢٠م |
| ب | | ٢,٦٣ | | | ١٩,٠٢ | ٥٠ | |
| جـ | | ٣,٧٥ | | | ١٧,٩٠ | ١٠٠ | |
| د | ٣,٧٤ | | ٢,٩٥ | ٢٢,٤٤ | ١٨,٧ | ١٥٠ | نقطة دوران |
| هـ | | ٣,٤٤ | | | ١٩,٠٠ | ٢٠٠ | |
| و | | | ٣,١٥ | | ١٩,٢٩ | ٢٥٠ | نهاية الميزانية |
| | ٥,٣٩ | | ٦,١٠ | | | | |

هـ- في كل وضع للميزان تؤخذ مقدمة واحدة ومؤخرة واحدة ، وبذا يجب أن يكون عدد المؤخرات = عدد المقدمات ، وهذا أول تحقيق نجريه لنتأكد أن الجدول لم يحدث في طريقة تدويه أي خطأ .

و- لو أخطأنا في حساب منسوب أي نقطة أخذت عندها مقدمة يؤثر هذا الخطأ على جميع المناسيب التالية وبالتالي أيضا على المنسوب النهائي ، وكذا لو أخطأنا في حساب منسوب سطح الميزان في أي وضع .

ي- لو أخطأنا في حساب منسوب أي متوسطة لن يؤثر ذلك إلا على منسوب هذه النقطة فقط ، إذ أن حساب مناسيب النقط التالية يتأثر فقط بمنسوب سطح الميزان الذي لا يعتمد على قراءة هذه المتوسطة .

## ٢- طريقة الارتفاع والانخفاض :

تعتمد هذه الطريقة على مقارنة كل نقطة بالنقطة السابقة لها ، ومعرفة ما إذا كانت مرتفعة أو منخفضة عنها، وتعتمد هذه المقارنة على أنه كلما ازدادت قراءة القامة كلما دل ذلك على انخفاض النقطة المقارنة عن

النقطة السابقة لها ، وبالعكس كلما قلت قراءة القامة كلما دل ذلك على ارتفاع النقطة المقارنة .

في هذه الحالة لو حدث أن أخطأنا في حساب منسوب أي نقطة سواء كانت مقدمة أو متوسطة لكانت مناسيب جميع النقط الثانية لها خطأ وبالتالي المنسوب النهائي .

**(مثال٧٣) في المثال السابق احسب مناسيب النقط بطريقة الارتفاع والانخفاض.**

**طريقة الإجابة :**

١- نحذف خانة منسوب سطح الميزان ونضع خانتين هما الارتفاع والانخفاض .

٢- لما كانت قراءة القامة عند نقطة ( أ ) " وهي مؤخرة " = ١,٦٥ مترا ، بينما كانت قراءتها عند النقطة ب = ٢,٦٣ ، معنى ذلك أن النقطة ب منخفضة عن (أ) بمقدار الفرق بين القراءتين ( ٢,٦٣ – ١,٦٥ = ٠,٩٨ مترا ) يدون هذا الفرق في خانة الانخفاض أمام النقطة (ب) .

وحيث أن منسوب النقطة ( ب ) تنخفض عن (أ) بمقدار ٠,٩٨ مترا ، يطرح هذا المقدار من منسوب ( أ ) فينتج منسوب النقطة ب ويدون في خانة المنسوب أمامها ( ٢٠- ٠,٩٨ = ١٩,٠٢ متر ) .

٣- بمقارنة قراءة القامة عند نقطة (جـ) بقراءتها عند نقطة (ب) نجد أنها أكبر منها ، ومعنى ذلك أن نقطة (جـ) أقل من نقطة (ب) بمقدار الفرق بين القراءتين (٣,٧٥ – ٢,٦٣ = ١,١٢ مترا ) ويدون هذا الفرق في خانة الانخفاض أمام النقطة (جـ ) أي أن منسوب هذه النقطة اقل من منسوب النقطة السابقة لها بمقدار ١,١٢ مترا .

∴ منسوب النقطة جـ = ١٩,٠٢ – ١,١٢ = ١٧,٩ متر

٤- لمعرفة منسوب النقطة (د) تقارن قراءة المقدمة (٢,٩٥مترا) بقراءة القامة عند النقطة السابقة لها وهي جـ ( ٣,٧٥) فنلاحظ أن النقطة (د) ترتفع عن النقطة (جـ) بمقدار (٣,٧٥ – ٢,٩٥ = ٠,٨ متر ) يوضع هذا الفرق في خانة الارتفاع أمام النقطة (د) ويكون منسوبها = ١٧,٩ + ٠,٨ = ١٨,٧٠ مترا .

٥- ولإيجاد منسوب النقطة (هـ) تقارن قراءة القامة عندها (٣,٤٤ مترا) بقراءة القامة عند النقطة السابقة لها ، وفي هذه الحالة تقارن بالقراءة المذكورة في خانة المؤخرات (٣,٧٤ أمتار ) أي أن النقطة (هـ) ترتفع عن النقطة (د) بمقدار (٣,٧٤ – ٣,٤٤ = ٠,٣ متر ) يدون هذا الفرق في خانة الارتفاع أمام نقطة (هـ) ويكون منسوبها = ١٨,٧٠ + ٠,٣ = ١٩,٠٠ مترا .

( جدول ٦٥ ) مناسيب النقط بطريقة الارتفاع والانخفاض

| النقطة | قراءات القامة | | | الارتفاع | الانخفاض | المنسوب | النقطة | الملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | مؤخرة | متوسطة | مقدمة | | | | | |
| أ | ١,٦٥ | | | | | ٢٠,٠٠ | ٠ | روبير منسوبه ٢٠م |
| ب | | ٢,٦٣ | | | ٠,٩٨ | ١٩,٠٢ | ٥٠ | |
| جـ | | ٣,٧٥ | | | ١,١٢ | ١٧,٩٠ | ١٠٠ | |
| د | ٣,٧٤ | | ٢,٩٥ | ٠,٨٠ | | ١٨,٧٠ | ١٥٠ | نقطة دوران |
| هـ | | ٣,٤٤ | | ٠,٣٠ | | ١٩,٠٠ | ٢٠٠ | . |
| و | | | ٣,١٥ | ٠,٢٩ | | ١٩,٢٩ | ٢٥٠ | نهاية الميزانية |
| | ٥,٣٩ | | ٦,١٠ | | | | | |

٦- بمقارنة قراءة القامة عند النقطة ( و ) وهي ٣,١٥ مترا والقراءة على النقطة السابقة لها ( ٣,٤٤ مترا ) نجد أنها أكبر ، ومعنى ذلك أن النقطة ( و ) ترتفع عن النقطة (هـ) بمقدار (٣,٤٤ – ٣,١٥ = ٠,٢٩ مترا ) ويسجل هذا الفرق في خانة الارتفاع أمام النقطة (و) ويكون منسوبها = ١٩,٠٠ + ٠,٢٩ = ١٩,٢٩ مترا .

ولتحقيق العمل الحسابي :

أ- يجب أن يكون عدد المؤخرات مساويا لعدد المقدمات . وفي المثال عـــدد المؤخرات قراءتين وعدد المقدمات قراءتين أيضا .

ب- مجموع المؤخرات – مجموع المقدمات .

= ٥,٣٩ – ٦,١٠ = – ٠,٧١ مترا

جـــ- مجموع الارتفاعات – مجموع الانخفاضات .

= ١,٣٩ – ٢,١٠ = – ٠,٧١ مترا

د- منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة .

= ١٩,٢٩ – ٢٠,٠٠ = – ٠,٧١ مترا

∴ الناتج في كل حالة مقدار ثابت ويساوي – ٠,٧١ م مما يعني أن العمـــل الحسابي صحيح .

- ملاحظات على حساب الميزانية بطريقة الارتفاع والانخفاض :

ونلاحظ في هذه الطريقة أنه إذا حدث خطأ في حساب منسوب أي نقطة سواء كانت مقدمة أو متوسطة لكانت جميع النقط التالية لها خطأ ، وبالتـــالي المنسوب النهائي ، وفرق الارتفاع بين نقطتين هو الفرق بين قـــراءة القامـــة وهي موضوعة على النقطتين والميزان في نفس الوضع ، وللحصول علـــى فرق الارتفاع :

مؤخرة – مقدمه = فرق الارتفاع

مؤخرة – متوسطة = فرق الارتفاع

متوسطة – متوسطة = فرق الارتفاع

متوسطة – مقدمة = فرق الارتفاع

منسوب آخر نقطة = منسوب أول نقطة - جميع الارتفاعات – جميـــع الانخفاضات .

- مقارنة بين طريقة منسوب سطح الميزان وطريقة الارتفاع والانخفاض :

أ- طريقة منسوب سطح الميزان أسهل في العمل وتوفر الوقت والحساب عن طريقة الارتفاع والانخفاض .

ب- في طريقة منسوب سطح الميزان لا يكتشف أي خطأ في حساب نقط المتوسطات إطلاقا بينما تكتشف بسهولة في طريقة الارتفاع والانخفاض ، لذلك تستخدم طريقة الارتفاع والانخفاض في الأعمال الهامة التي نحتاج فيها إلى دقة عالية .

**طرق إجراء الميزانية العرضية :**

القطاع العرضي عبارة عن مقطع في سطح الأرض في اتجاه عمودي على القطاع الطولي ، وتستخدم القطاعات العرضية في حساب كميات الحفر والردم ، ولذا فيجب اختيارها عند أي تغير في شكل الأرض ، أو في اتجاه القطاع الطولي الواقعة عليه على مسافات متساوية إذا كانت الأرض منتظمة الانحدار ، وتؤخذ عادة على مسافات ٥٠ متر ، ويسمى كل قطاع بحسب بعده عن نقطة الابتداء أي بعده عن نقطة أول المشروع .

وتوجد طريقتان أساسيتان لتنفيذ القطاعات العرضية في الطبيعة :

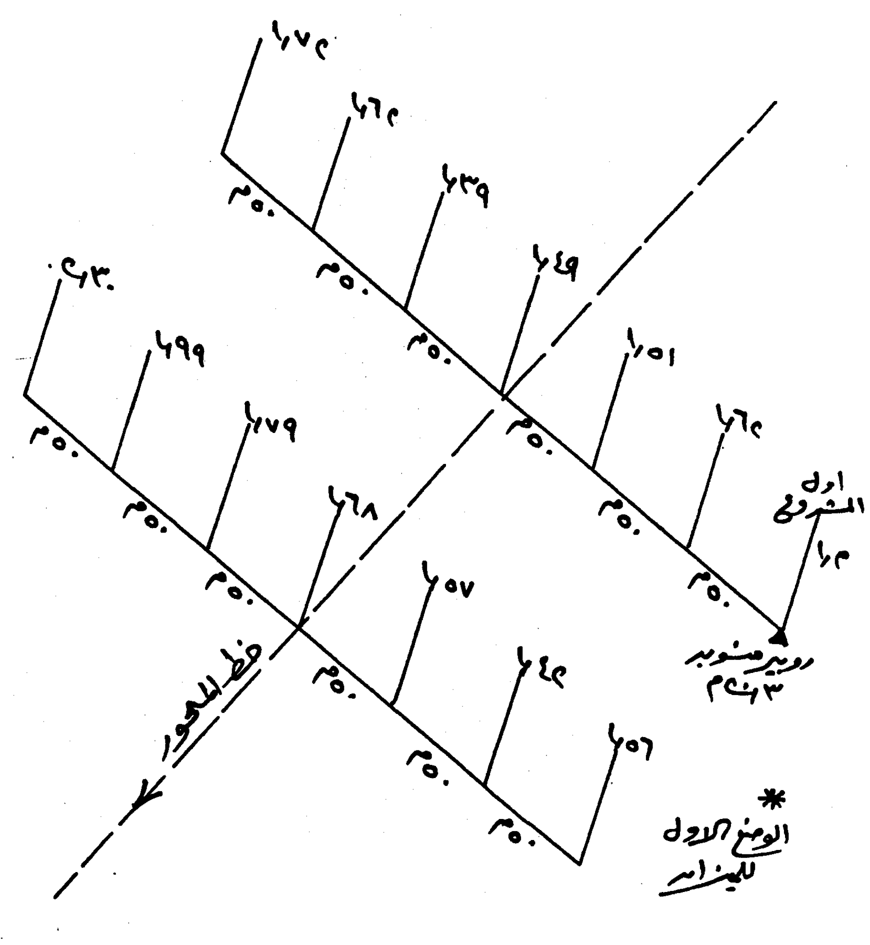
*الطريقة الأولى : القياس من المحور :*

وتستخدم هذه الطريقة في الأعمال الإنشائية للترع أو المصارف الجديدة ، ويخطط محور الترعة على الخريطة ، ثم يوقع في الطبيعة بدق أوتاد أو شواخص ثم نبدأ عمل الميزانية على يمين ويسار المحور - ويختلف جدول الميزانية العرضية عن الميزانية الطولية بتقسيم خانة المسافات إلى ثلاثة أقسام ، الأولى خاصة بأبعاد النقط التي على القطاع وعلى يمين المحور الطولي ، والثانية خاصة بأبعاد القطاعات من بداية المشروع وعلى المحور الطولي ، والثالثة خاصة بأبعاد النقط التي على القطاع وعلى يسار المحور الطولي ( شكل رقم ١٦٢) .

التحقيق :

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = ٢,٩٣ - ٤,٠٢ = -١,٠٩

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = ١٩,٢١ - ٢٠,٣ = - ١,٠٩




* الوضع الثاني للميزان

شكل رقم ( ١٦٢ )

( جدول ٦٦ ) الميزانية العرضية ( القياس من المحور )

| قراءة القامة | | | المسافات | | | سطح الميزانية | منسوب النقطة | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مؤخرة | متوسطة | مقدمه | يمين | محور | يسار | | | |
| ١,٢ | | | | صفر | ١٥٠ | ٢١,٥ | ٢٠,٣٠ | روبير منسوبه٢٠,٣م |
| | ١,٦٢ | | | صفر | ١٠٠ | | ١٩,٨٨ | |
| | ١,٥١ | | | صفر | ٥٠ | | ١٩,٩٩ | |
| | ١,٤٩ | | | صفر | | | ٢٠,٠١ | |
| | ١,٣٩ | | ٥٠ | صفر | | | ٢٠,١١ | |
| | ١,٦٢ | | ١٠٠ | صفر | | | ١٩,٨٨ | |
| ١,٧٣ | | ١,٧٢ | ١٥٠ | صفر | | ٢١,٥١ | ١٩,٧٨ | نقطة دوران |
| | ١,٥٦ | | | ١٠٠ | ١٥٠ | | ١٩,٩٥ | |
| | ١,٤٢ | | | ١٠٠ | ١٠٠ | | ٢٠,٠٩ | |
| | ١,٥٧ | | | ١٠٠ | ٥٠ | | ١٩,٩٤ | |
| | ١,٦٨ | | | ١٠٠ | | | ١٩,٨٣ | نهاية الميزانية |
| | ١,٧٩ | | ٥٠ | ١٠٠ | | | ١٩,٧٢ | |
| | ١,٩٩ | | ١٠٠ | ١٠٠ | | | ١٩,٥٢ | |
| | | ٢,٣ | ١٥٠ | ١٠٠ | | | ١٩,٢١ | |
| ٢,٩٣ | | ٤,٠٢ | | | | | | |

### الطريقة الثانية : طريقة الجسات لمعرفة عمق المياه .

وتتبع غالبا في حالة تطهير الترع والمصارف ، وفيها يتعذر علينا تعيين محور الترعة لوجود مياه بها ، لذلك نبدأ بعمل القطاع من الجهة اليسرى عادة وتنتقل القامة في اتجاه عمودي على طول الترعة وتوضع على كل نقطة يلاحظ فيها تغير في الانحدار ، وهكذا حتى نصل إلى نقطة تلاقي سطح المياه بالميل الجانبي للترعة فتؤخذ عندها قراءة يعين منسوبها ويكون هو منسوب سطح الماء ، وبعدها نعمل جسات بالمجرى لمعرفة عمق الماء ويمكن إيجاد مناسيب القاع بطرح مقدار الجسات من منسوب سطح الماء .

### التغلب على الصعوبات التي تواجه الميزانية :

إن معظم الصعوبات التي تعترض خط الميزانية يمكن التغلب عليها بالالتفاف حولها مثلا ، ولكن هناك بعض الصعوبات التي تصادفنا يمكن التغلب عليها بطرق عملية خاصة ، وفيما يلي بعض الأمثلة .

## ١-اعتراض سطح مائي لخط الميزانية

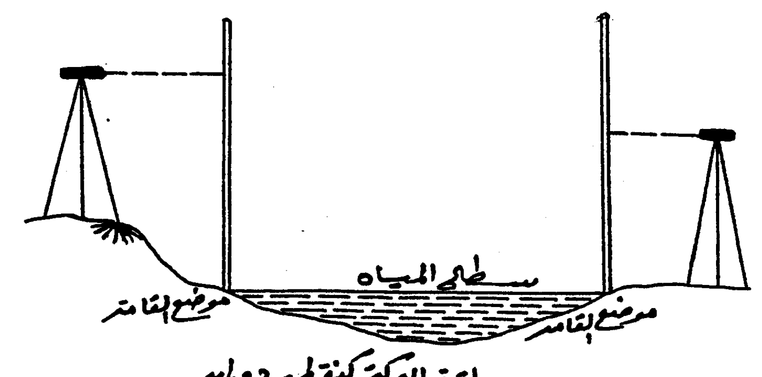
يصادف في بعض الأحيان أن يعترض خط الميزانية بحيرة أو مستنقع أو مجاري مائية كالأنهار والترع المتسعة (شكل ١٦٣) فإذا كانت المياه ساكنة وليس بها أمواج وكانت من السعة بحيث لا يمكن رصد شاطئ من الآخر ، ولكنها في نفس الوقت ذات سعة صغيرة نسبيا ، فنأتي بمنسوب سطح الماء بوضع قامة على سطحه ثم ننتقل إلى الشاطئ الآخر ( أي أن سطح الماء يعتبر كنقطة دوران ) ثم نأتي بمنسوب سطح الميزان ونستمر في الميزانية ، والواقع أن هذا العمل غير دقيق لأن سطح الماء مهما كان هادئا فلابد من وجود بعض الاختلافات .

## ٢-إجراء ميزانية على المنحدرات الشديدة .

عند إجراء ميزانية على منحدر شديد صعودا أو هبوطا يجب تجنب الأرصاد القصيرة جدا بين نقط الدوران ( شكل ١٦٤) ، وذلك بوضع الميزان على جانبي الخط ، فنسير في خط منكسر ، حتى نوازن ما أمكن بين أطوال المقدمات والمؤخرات ، أي تكون المسافة بين الميزان والمؤخرة تساوي تقريبا وبقدر الإمكان المسافة بين الميزان ونقطة المقدمة ، حتى نتجنب الرصد على الحافة العليا للقامة .

## ٣-إيجاد منسوب نقطة مرتفعة عن منسوب سطح الميزان

يحدث ذلك إذا كان المطلوب إيجاد منسوب نقطة في سقف قبو أو كوبري ( شكل ١٦٥) توضع القامة مقلوبة وصفرها ملامسا للنقطة المراد إيجاد منسوبها ، وتجمع القراءة على منسوب سطح الميزان بدلا من طرحها منه كما هو معتاد ، وإذا كانت هذه النقطة في جدول ميزانية فإن القراءة عليها توضع بإشارة سالبة (-) أمامها فمثلا إذا كان منسوب سطح الميزان ١٠,٩٢ مترا والقراءة ٣,٦٥ فإن منسوب نقطة القبو = ١٠,٩٢ - ( - ٣,٦٥) = ١٤,٥٧ متر .




اعتراض سطح مائى لخط الميزانية

شكل رقم ( ١٦٣ )

شكل رقم ( ١٦٤ )

اجراء الميزانية على المنحدرات الشديدة

## ٤- العقبات المرتفعة التي تمنع الرؤية في طريق الميزانية .

بفرض وجود بناء يعترض خط الميزانية ( أي يعترض خط النظر) فإذا أردنا الاستمرار في الميزانية مع التوفير في الوقت والعمل نجرى الآتي :

ندق مسمارا بارزا في الحائط قرب أسفله ويكون بارزا أو نضع نصل سكين داخل فواصل الطوب (رقم ١٦٦) نضع القامة فوق المسمار أو السكين ونعتبرها مقدمة لأخر وضع في الميزانية ، ونفرض أن منسوب سطح الميزان كان ( ١٠،٤٢م ) القراءة على القامة = ١،٦٥ متر وارتفاع السور من المسمار حتى قمة السور = ٣،٥٩ م .

منسوب قمة السور = ١٠،٤٢ – ١،٦٥ + ٣،٥٩ = ١٢،٣٦م.

نأخذ الميزان إلى الجهة الأخرى من السور في الوضع (٢) ونكرر ما سبق ونفرض أن قراءة القامة كانت ٢،٩٤م وارتفاع قمة السور من المسمار ٣،٨٧م .

∴ منسوب سطح الميزان = ١٢،٣٦ – ٣،٨٧ + ٢،٩٤ = ١١،٤٣م

وبهذا يمكن الاستمرار في عمل الميزانية خارج الأسوار .

### تقدير كميات الحفر والردم من الميزانيات الطولية والعرضية :

أولى خطوات تقدير كميات الحفر والردم عن طريق الميزانية الطولية والعرضية هي رسم القطاع الطولي ، وهو عبارة عن الميزانية الطولية التي تجرى عادة على محور طريق زراعي ، أو جسر سكة حديد ، أو ترعة ، أو مصرف ، ولرسم القطاع الطولي نوقع خطاً أفقيا ونختار له منسوب صحيح لأقرب واحد متر وأقل من منسوب جميع نقط القطاع ونعتبره خط مقارنة ، وعلى هذا الخط نوقع النقط المرصودة على المسافات المعطاة بمقياس رسم مناسب ، وعادة ما يكون هو نفسه مقياس رسم خرائط المشروع ، ومن هذه النقط نقيم أعمدة ترتفع بمقدار الفرق بين مناسيب النقط على الطبيعة ومنسوب خط المقارنة ، ونوقع هذه الأعمدة بمقياس رسم أكبر كثيرا من مقياس الرسم الأفقي حتى تعطي الخريطة فكرة واضحة عن الفرق في الارتفاع ، والمتبع أن يكون مقياس رسم الارتفاعات ١٠ أضعاف

مقياس الرسم المختار للمسافات الأفقية، والمقاييس المتبعة هـي ١ : ١٠٠٠ إلى ١ : ٥٠٠٠ للأفقي ، ١ :١٠٠ إلى ١ :٥٠٠ للارتفاعات ، وعلى نفس الخريطة وبنفس مقاييس الرسم المستعملة في القطاعات المأخوذة على سطح الأرض يوقع خط المشروع المقترح حتى تظهر بوضوح الفروق بين مستوى المشروع وطبيعة الأرض .

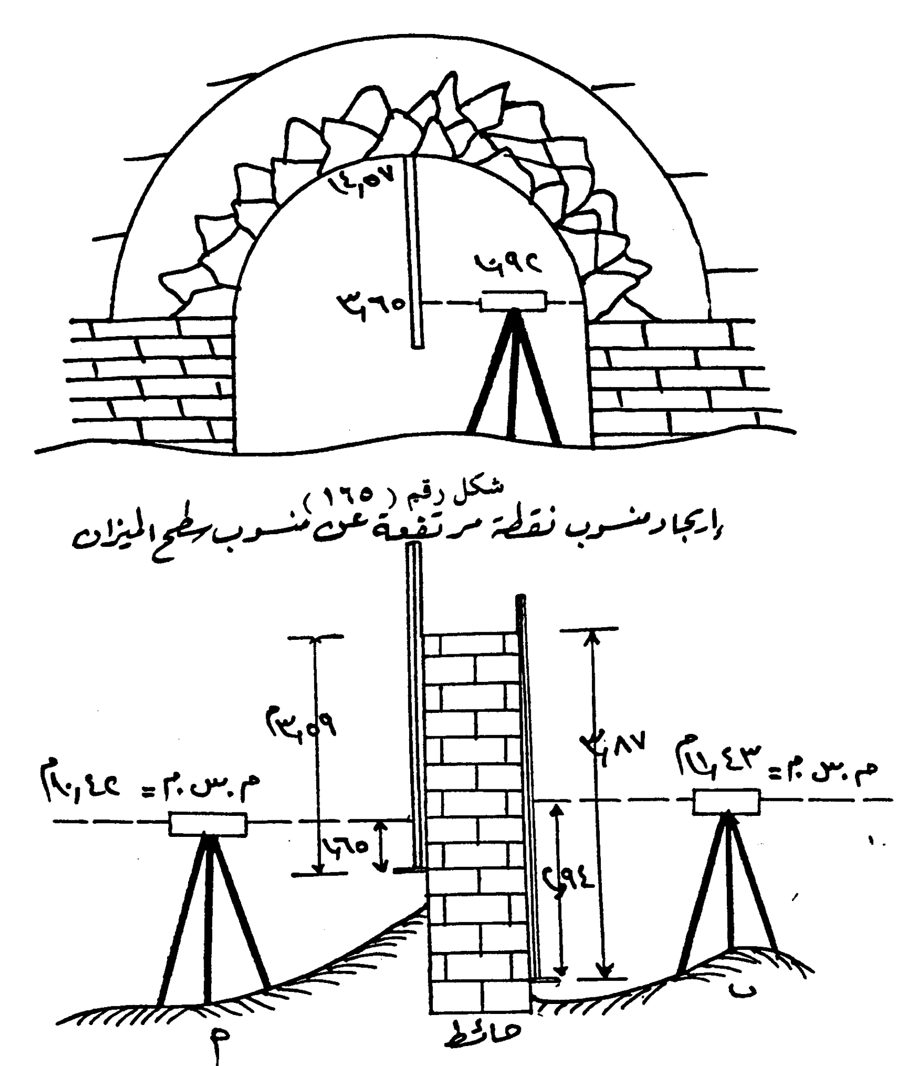
والسبب الرئيسي في اختيار مقياسين رسم مختلفين هو أن نسبة فروق الارتفاع إلى طول القطاع نسبة صغيرة جدا ، فلو رسمت الارتفاعات والأبعاد بنفس مقياس الرسم لما وضح أي أثر في التضاريس .

ويبين على القطاع الطولي منسوب خط المقارنة ومناسيب نقط الأرض الطبيعية ومناسيب نقط المشروع وكذا مسافات نقط القطاع .

**مثال ٧٤ : أخذت المناسيب الآتية على محور منطقة يراد مد ماسورة مياه بها والمطلوب حساب كميات الحفر والردم حتى يمكن وضع ماسورة مياه أفقية على منسوب ١٥,٥ مترا ، علما بأن الحفر والردم كان يتم عموديا بدون ميول جانبية و بعرض ٠,٩ متر .**

**طريقة الإجابة :**

١- يرسم قطاع دقيق للميزانية بمقياس رسم مناسب أفقي ورأسي (شكل رقم ١٦٧) وقد تم اختيار المقياس الأفقي ١ : ١٠٠٠ والمقياس الرأسي ١ : ١٠٠ ، ثم يرسم خط على منسوب ماسورة المياة ١٥,٥ مترا يمثل منسوب الماسورة (كما في القطاع المبين) فنعتبر أجزاء القطاع التي تعلو عن هذا المنسوب مطلوب حفرها ، أما الأجزاء الأقل من ١٥,٥ مترا فمطلوب ردمها ، ويمكن تظليل هذين الجزئين حتى يمكن تمييزهما بسهولة . وبالنظر إلى هذا القطاع نجد أن خط الماسورة يلتقي بخط القطاع في بعض النقط ، نقوم بتعيين هذه النقط على المحور الأفقي للقطاع ، كما نحسب أبعادها عن أول الميزانية وتدون في خانة المسافات في الجدول الموجود بأسفل القطاع .




شكل رقم ( ١٦٥ )

إيجاد منسوب نقطة مرتفعة عن منسوب سطح الميزان

شكل رقم ( ١٦٦ )

العقبات المرتفعة التى تمنع الرؤية فى طريق الميزانية

جدول رقم (٦٧)

| النقطة | المسافة | المنسوب |
|---|---|---|
| ١ | ٠ | ١٥,٨٤ |
| ٢ | ٢٥ | ١٧,٣٧ |
| ٣ | ٥٠ | ١٦,٩٢ |
| ٤ | ٧٥ | ١٦,٩٩ |
| ٥ | ١٠٠ | ١٣,٨٨ |
| ٦ | ١٢٥ | ١٤,٨٦ |
| ٧ | ١٥٠ | ١٥,٥٠ |
| ٨ | ١٧٥ | ١٩,٥٠ |
| ٩ | ٢٠٠ | ١٥,٨٩ |
| ١٠ | ٢٢٥ | ١٨,٠٠ |

٢- يصمم في أسفل القطاع جدول أفقي بطول القطاع تبدأ خاناته بخانة المسافة يدون فيها بعد كل النقط عن بداية الميزانية ، ثم خانة منسوب الأرض ، ثم خانة منسوب الإنشاء وهو منسوب الماسورة ، أما الخانة الرابعة فهي لارتفاع الحفر والخامسة لعمق الردم .

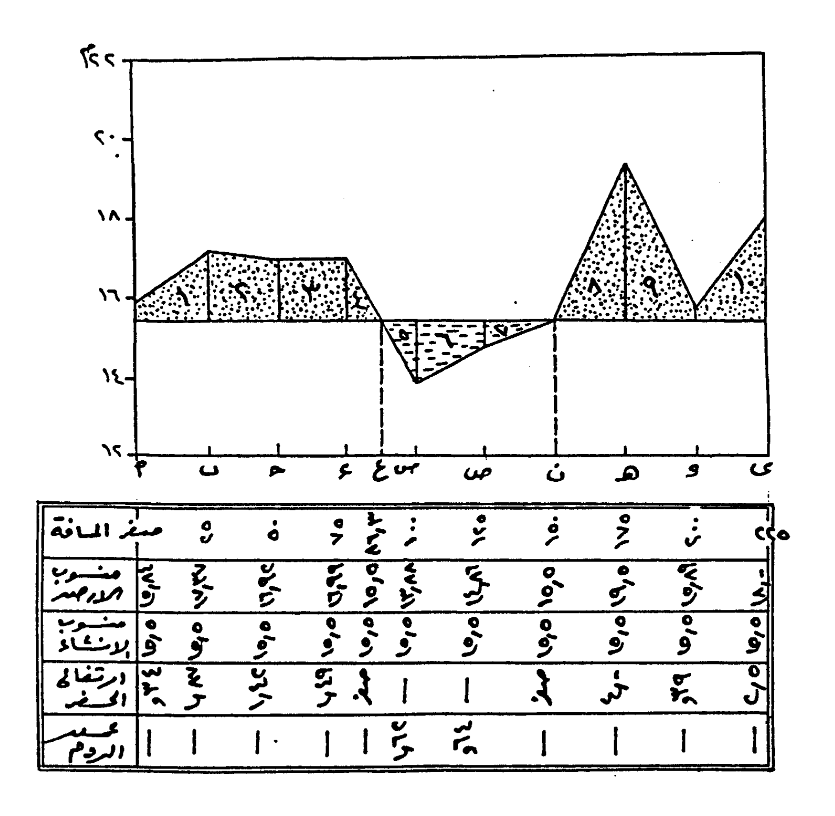
**وفيما يلي حساب كميات الحفر والردم .**

١- نأتي أولا ارتفاع الحفر أو الردم

= منسوب النقطة – منسوب مستوى الإنشاء .

( إذا كان ناتج الطرح بالموجب يدل على حفر والعكس إذا كان سالبا ).

نقطة أ = ١٥,٨٤ – ١٥,٥٠ = + ٠,٣٤
ب = ١٧,٣٧ – ١٥,٥٠ = + ١,٨٧
جـ = ١٦,٩٢ – ١٥,٥٠ = + ١,٤٢
د = ١٦,٩٩ – ١٥,٥٠ = + ١,٤٩
ع = ١٥,٥٠ – ١٥,٥٠ = صفر
س = ١٣,٨٨ – ١٥,٥٠ = – ١,٦٢
ص = ١٤,٨٦ – ١٥,٥٠ = – ٠,٦٤
ن = ١٥,٥٠ – ١٥,٥٠ = صفر
هـ = ١٩,٥٠ – ١٥,٥٠ = + ٤,٠٠
و = ١٥,٨٩ – ١٥,٥٠ = + ٠,٣٩
ي = ١٨,٠٠ – ١٥,٥٠ = + ٢,٥٠


٢٢م
٢٠
١٨
١٦
١٤
١٢
صفر المسافة
منسوب الأرض
منسوب الإنشاء
ارتفاع الحفر
عمق الردم

شكل رقم ( ١٦٧ )

تدون هذه النتائج في خانتي ارتفاع الحفر وعمق الردم حسب ما هو مبين .

٢- تأتي ثانيا بمساحة مسطح الحفر والردم .

من شكل القطاع يمكن أن نميز أشكال هندسية إما أشباه منحرفات أو مثلثات ، كما يتضح من الشكل رقم (١٦٧) ويمكن إيجاد مساحة كل منهما كما يلي .

مساحة الحفر أو الردم في أشباه المنحرفات

= $\frac{١}{٢}$ ( ارتفاع الحفر أو عمق الردم للنقطة + ارتفاع الحفر أو عمق الردم للنقطة التي تليها ) × المسافة بين النقطتين .

مساحة الحفر أو الردم في المثلثات

= $\frac{١}{٢}$ (ارتفاع الحفر أو عمق الردم للنقطة) × المسافة بين النقطتين .

وفيما يلي حساب مسطحات الحفر أو الردم للأجزاء المرقمة بالقطاع .

مسطح (١) = $\frac{١}{٢}$ (٠,٣٤ + ١,٨٧) × (٢٥,٠ - صفر )

= ٢٧,٦٣ متر$^{٢}$ حفر

مسطح (٢) = $\frac{١}{٢}$ (١,٨٧ + ١,٤٢) × (٥٠,٠ - ٢٥,٠ )

= ٤١,١٣ متر$^{٢}$ حفر

مسطح (٣) = $\frac{١}{٢}$ (١,٤٢ + ١,٤٩) × (٧٥,٠ - ٥٠,٠ )

= ٣٦,٣٨ متر$^{٢}$حفر

مسطح (٤) = $\frac{١}{٢}$ ( ١,٤٩ ) × (٨٦,٣ - ٧٥,٠ )

= ٨,٤٢ متر$^{٢}$ حفر

مسطح (٥) = $\frac{١}{٢}$ ( ١,٦٢ ) × (١٠٠,٠٠ - ٨٦,٣ )

= ١١,١٠ متر$^{٢}$ ردم

مسطح (٦)= $\frac{١}{٢}$ (١,٦٢ + ٠,٦٤)×(١٢٥,٠ - ١٠٠,٠)

= ٢٨,٢٥ متر$^{٢}$ردم

مسطح (٧) = $\frac{١}{٢}$ ( ٠,٦٤ ) × (١٥٠,٠ - ١٢٥,٠ )

= ٨,٠٠ متر$^{٢}$ ردم

مسطح (٨) = $\frac{١}{٢}$ ( ٤,٠٠ ) × (١٧٥,٠٠ - ١٥٠,٠ )

= ٥٠,٠٠ متر$^{٢}$ حفر

مسطح (٩) = $\frac{١}{٢}$ (٤,٠٠ + ٠,٣٩)×(٢٠٠,٠ - ١٧٥,٠)

= ٥٤,٨٨ متر$^{٢}$ حفر

مسطح (١٠) = $\frac{١}{٢}$ (٠,٣٩+ ٢,٥ ) × (٢٢٥ − ٢٠٠ )
= ٣٦,١٣ متر$^{٢}$ حفر

**٣- بعد ما تقدم يمكن تقدير كميات الحفر والردم :**

حيث تجمع مسطحات القطاعات الخاصة بالحفر ويضرب مجموعها في فتنتج الحفر فتنتج كمية الحفر ، وكذلك الحال بالنسبة للردم .

مجموع مسطحات الحفـــر = ٢٧,٦٣ + ٤١,١٣ + ٣٦,٣٨ + ٨,٤٢ +٥٠,٠ + ٥٤,٨٨ + ٣٦,١٣ = ٢٥٤,٥٧ متر$^{٢}$

∴ كمية الحفر الناتجة = ٢٥٤,٥٧ × ٠,٩ = ٢٢٩,١١ متر$^{٣}$

مجموع مسطحات الردم = ١١,١٠ + ٢٨,٢٥ +٨,٠٠ = ٤٧,٣٥ متر$^{٢}$

∴ كمية الردم اللازمة = ٤٧,٣٥ × ٠,٩ = ٤٢,٦٢ متر$^{٣}$

**مثال ٧٥ : أخذت المناسيب الآتية على محور طريق يراد إنشاؤه بعرض ١٠متر وميول جانبية ٣ : ٥ في الحفر والردم ، علما بأن المسافات بين النقط متساوية كل ٣٠ متر . فإذا كان منسوب إنشاء الطريق عند النقطة (١) هو ١٣,٤ مترا وينحدر إلى أسفل مسافة ١٠٠ متر بنسبة ١ :١٥٠ ثم ينحدر بنسبة ١ : ٣٠٠ مسافة ١٠٠ متر أخرى ، ويصبح أفقيا المسافة المتبقية .**

**جدول رقم (٦٨)**

| النقطة | المسافة | المنسوب |
|---|---|---|
| ١ | ٠ | ١٠,٠٨ |
| ٢ | ٣٠ | ١٠,٥٥ |
| ٣ | ٦٠ | ١١,٢٥ |
| ٤ | ٩٠ | ١٣,٥٢ |
| ٥ | ١٢٠ | ١٢,١٠ |
| ٦ | ١٥٠ | ١٢,٥٦ |
| ٧ | ١٨٠ | ١٣,٢٨ |
| ٨ | ٢١٠ | ١٤,١٤ |
| ٩ | ٢٤٠ | ١٤,٨٥ |
| ١٠ | ٢٧٠ | ١٥,٢٢ |
| ١١ | ٣٠٠ | ١٦,٢٤ |
| ١٢ | ٣٣٠ | ١٧,٠٧ |

**المطلوب : رسم قطاع طولي لسطح الأرض والطريق المقتــرح بمقيــاس أفقي ١ : ١٥٠٠ ومقياس رأسي ١ : ٢٠٠ وحساب كميات الحفر والردم .**

**طريقة الإجابة :**

١- رسم القطاع ( شكل رقم ١٦٨ ) .

أ- يرسم المحورين الأفقي والرأسي للقطاع طبقا لمقيــاس الرســم ، فيكــون طول المحور الأفقي للقطاع ( مستوى المقارنة ) = ٣٣٠ ÷ ١٥ = ٢٢ سم

نرسم خطا أفقيا على ورقة المربعات طوله ٢٢ سم يقسم إلى أقسام كل منها ٢ سم تمثل ٣٠ مترا .

أما المحور الرأسي فكل ١ سم = ٢ متر ، ويعتبــر منســوب ٩ متــر منسوب المقارنة حيث أنه أقل من أقل قيمة في مناسيب الجدول .

بعد ذلك توقع المناسيب المذكورة أمام كل نقطة على المحــور الأفقــي للقطاع طبقا لما يقابلها من المحور الرأسي ، ثم توصل نقط المناســيب فيــتم بذلك رسم قطاع لسطح الأرض .

ب- لرسم خط الإنشاء ويقصد به القطاع الطولي لمحور الطريق المقتــرح ، نجد أن الطريق ينحدر في المائة متر الأول بنسبة ١ : ١٥٠ أي ينخفض مترا كل ١٥٠ متر ، وبما أن منسوبه عند النقطة (١) ١٣,٤٠ ، فيكــون منسوبه بعد ١٥٠ متر أي عنــد النقطــة (٦) = ١٣,٤٠ – ١ = ١٢,٤٠ مترا .

جـ- ولحساب مناسيب خط الإنشاء ( محور الطريق) عند الــنقط ٢، ٣، ٤، ٥ نجرى الآتي :

نسبة الانحدار ١ : ١٥٠ أي متر كل ١٥٠ متر

∴ مقدار الانحدار في مسافة ٣٠ متر = ٢٠ سم

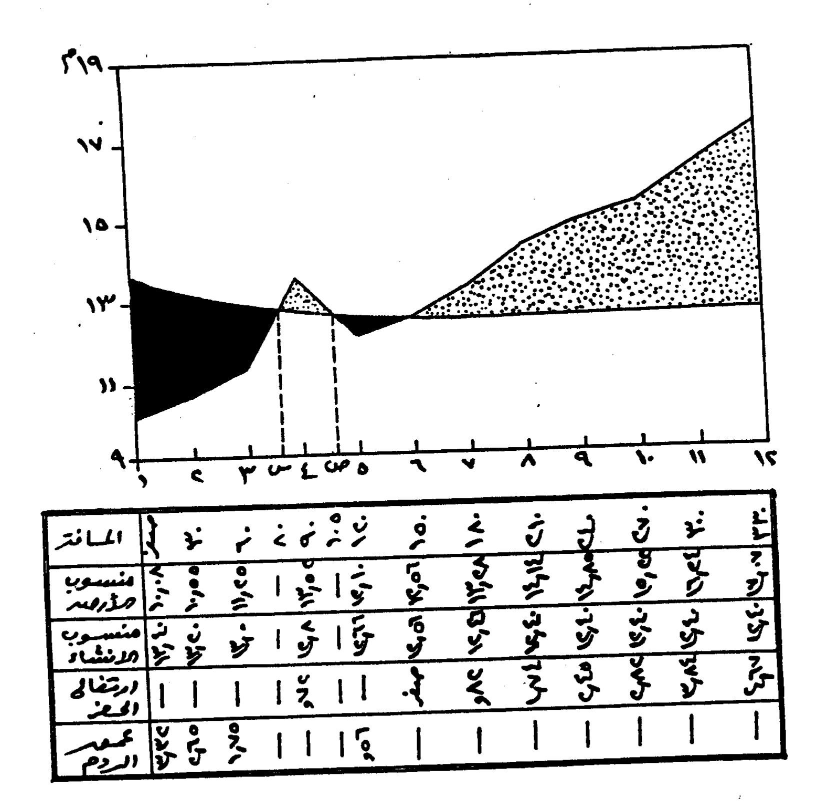
فيكون المنسوب عند النقط كما يلي :

المنسوب عند (١) = ١٣,٤ متر

المنسوب عند (٢) = ١٣,٤ – ٠,٢٠ متر = ١٣,٢٠ متر

المنسوب عند (٣) = ١٣,٢٠ – ٠,٢٠ متر = ١٣,٠٠ متر

المنسوب عند (٤) = ١٣,٠٠ – ٠,٢٠ متر = ١٢,٨٠ متر



١٩م
١٧
١٥
١٣
١١
٩
١
٢
٣
س
٤
ص
٥
٦
٧
٨
٩
١٠
١١
١٢
المسافة
منسوب الأرض
منسوب الانشاء
ارتفاع الحفر
عمق الردم


شكل رقم ( ١٦٨ )

ويكون منسوب محور الطريق المقترح عند النقطة التي تبعد مائة متر عـن نقطـة الـبداية = منسوبه عند نقطة البداية – نسبة الانحدار × طول المسافة

= ١٣,٤٠ – $\frac{١}{١٥٠}$ × ١٠٠ متر = ١٢,٧٣ تقريبا

**ملحوظة هامة :** يمكن حساب منسوب خط الإنشاء عند النقط ١، ٢ ، ٣ ، ٤ عن طريق القانون السابق فيكون

المنسوب عند النقطة (١) = ١٣,٤ – $\frac{١}{١٥٠}$ × صفر = ١٣,٤م.

المنسوب عند النقطة (٢) = ١٣,٤ – $\frac{١}{١٥٠}$ × ٣٠ = ١٣,٢ م.

المنسوب عند النقطة (٣) = ١٣,٤ – $\frac{١}{١٥٠}$ × ٦٠ = ١٣,٠٠ م.

المنسوب عند النقطة (٤) = ١٣,٤ – $\frac{١}{١٥٠}$ × ٩٠ = ١٢,٨ م .

د- أمـا فـي المائة متر الثانية فتتغير نسبة الانحدار إلى ١ : ٣٠٠ أي أن الطريق ينخفض منسوبه متر في مسافة ٣٠٠ متر

ولأن منسوبه عند النقطة التي تبعد ١٠٠ متر عن نقطة البداية

= ١٢,٧٣ متر .

يكون منسوبه عند النقطة (٥) = ١٢,٧٣ – $\frac{١}{٣٠٠}$ × (١٢٠م–١٠٠م) =١٢,٦٦م

يكون منسوبه عند النقطة (٦) = ١٢,٧٣ – $\frac{١}{٣٠٠}$ × (١٥٠ –١٠٠ ) =١٢,٥٦ م

يكون منسوبه عند النقطة (٧) = ١٢,٧٣ – $\frac{١}{٣٠٠}$ × (١٨٠ –١٠٠ ) =١٢,٤٦ م

ويكون منسوب محور الطريق المقترح عند نهاية المائة متر الثانية من بداية الطريق .

= ١٢,٧٣ – $\frac{١}{٣٠٠}$ ( ٢٠٠م – ١٠٠م ) = ١٢,٤٠ تقريبا

هـ- أما في المسافة الباقية من القطاع والتي تبلغ ٣٣٠–٢٠٠ متر = ١٣٠

متـــر فنجد أن محور الطريق يصبح أفقيا ، أي أن منسوبة في كل النقط التي تقع ضمن هذه المسافة = ١٢,٤٠ تقريبا .

و- ومن واقع هذه المناسيب لمحور الطريق برسم خط الإنشاء على القطاع وتظلل مناطق الحفر والردم ، كما تدون هذه المناسيب في خانة " منسوب خط الإنشاء" بالجدول أسفل القطاع تحت كل نقطة .

٢- حساب كميات الحفر والردم :

(أ) يمكن حساب ارتفاع الحفر أو عمق الردم من القانون التال .

ارتفاع الحفر أو عمق الردم = منسوب النقطة - منسوب خط الإنشاء .

(ب) لحساب مسطح الحفر أو الردم :

نجـــد أن عـــرض الطريق المطلوب إنشاؤه ١٠ أمتار والميول الجانبية ٣ : ٥ وهـــذه المـــيول الغرض منها دعم جوانب الطريق حتى لا تنهار إذا كانت جوانبه رأسية ولحساب القاعدة الكبرى للطريق نتبع القانون التالي .

طول القاعدة الكبرى = طول القاعدة الصغرى + ٢ ( مقلوب نسبة الميول الجانبية × الفرق بين منسوب القاعدتين )

الفرق بين منسوب القاعدتين = الفرق بين منسوب الأرض ومنسوب خط الإنشاء

وعلى هذا يمكن حساب مسطح الطريق عند (١) كما يلي :

طول القاعدة شبه المنحرف الصغرى = ١٠ متر (ارتفاعه) = ٣,٣٢ متر

طول قاعدته الكبرى= ١٠ + ٢ ( $\frac{٥}{٣}$ × ٣,٣٢ ) = ٢١,٠٧ متر

∴ المسطح عند (١) = $\frac{١}{٢}$ (١٠ + ٢١,٠٧) × ٣,٣٢ = ٥١,٥٨ متر$^{٢}$

مسطح قطاع الطريق عند النقطة (٢) :

طول قاعدة شبه المنحرف الصغرى = ١٠ ارتفاعه ٢,٦٥ متر

طول قاعدته الكبرى = ١٠ + ٢ ( $\frac{٥}{٣}$ × ٢,٦٥ ) = ١٤,٤٢ متر

∴ المسطح عند (٢) = ١/٢ (١٠ + ١٤,٤٢) × ٢,٦٥ = ٣٢,٣٦ متر$^{٢}$

**مسطح قطاع الطريق عند (٣) :**

طول قاعدة شبه المنحرف الصغرى = ١٠ ارتفاعه ١,٧٥ متر

طول القاعدة الكبرى = ١٠ + ٢ ( ٥/٣ × ١,٧٥ ) = ١٥,٨٣ متر

∴ المسطح عند (٣) = ١/٢ (١٠ + ١٥,٨٣ ) × ١,٧٥ = ٢٢,٦٠ متر$^{٢}$

**مسطح قطاع الطريق عند (س) = صفر :**

**مسطح قطاع الطريق عند (٤) :**

طول قاعدة شبه المنحرف الصغرى = ١٠ ارتفاعه ٠,٧٢ متر

طول قاعدة شبه الكبرى = ١٠ + ٢ ( ٥/٣ × ٠,٧٢) = ١٢,٤ متر

∴ المسطح عند (٤) = ١/٢ (١٠ + ١٢,٤ ) × ٠,٧٢ = ٨,٠٦ متر$^{٢}$

**مسطح قطاع الطريق عند (ص) = صفر :**

**مسطح قطاع الطريق عند (٥) :**

طول قاعدة شبه المنحرف الصغرى = ١٠ ارتفاعه ٠,٥٦ متر

طول القاعدة الكبرى = ١٠ + ٢ ( ٥/٣ × ٠,٥٦ ) = ١١,٨٧ متر

∴ المسطح عند (٥) = ١/٢ (١٠ + ١١,٨٧ ) × ٠,٥٦ = ٦,١٢ متر$^{٢}$

**مسطح قطاع الطريق عند (٦) = صفر :**

**مسطح قطاع الطريق عند (٧) :**

طول قاعدة شبه المنحرف الصغرى = ١٠ ارتفاعه ٠,٨٢ متر

طول القاعدة الكبرى = ١٠ + ٢ ( ٥/٣ × ٠,٨٢ ) = ١٢,٧٣ متر

∴ المسطح عند (٧) = ١/٢ (١٠ + ١٢,٧٣ ) × ٠,٨٢ = ٩,٣٢ متر$^{٢}$

**مسطح قطاع الطريق عند (٨) :**

طول قاعدة شبه المنحرف الصغرى = ١٠ ارتفاعه ١,٧٤ متر

طول القاعدة الكبرى = ١٠ + ٢ ( $\frac{٥}{٣}$ × ١,٧٤ ) = ١٥,٨متر

∴ المسطح عند (٨) = $\frac{١}{٢}$ (١٠ + ١٥,٨ ) × ١,٧٤ = ٢٢,٤٥ متر$^{٢}$

**مسطح قطاع الطريق عند (٩) :**

طول قاعدة شبه المنحرف الصغرى = ١٠ ارتفاعه ٢,٤٥ متر

طول القاعدة الكبرى = ١٠ + ٢ ( $\frac{٥}{٣}$ × ٢,٤٥ ) = ١٨,١٧ متر

∴ المسطح عند (٩) = $\frac{١}{٢}$(١٠ + ١٨,١٧ ) × ٢,٤٥ = ٣٤,٥١ متر$^{٢}$

**مسطح قطاع الطريق عند (١٠) :**

طول قاعدة شبه المنحرف الصغرى = ١٠ ارتفاعه ٢,٨٢متر

طول القاعدة الكبرى = ١٠ + ٢ ( $\frac{٥}{٣}$ × ٢,٨٢ ) = ١٩,٤٠ متر

∴ المسطح عند (١٠) = $\frac{١}{٢}$(١٠ + ١٩,٤٠ )× ٢,٨٢ = ٤١,٤٥ متر$^{٢}$

**مسطح قطاع الطريق عند (١١) :**

طول قاعدة شبه المنحرف الصغرى = ١٠ ارتفاعه ٣,٨٤ متر

طول القاعدة الكبرى = ١٠ + ٢ ( $\frac{٥}{٣}$ × ٣,٨٤ ) = ٢٢,٨ متر

∴ المسطح عند (١١) = $\frac{١}{٢}$(١٠ + ٢٢,٨ ) × ٣,٨٤ = ٦٢,٩٨ متر$^{٢}$

**مسطح قطاع الطريق عند (١٢) :**

طول قاعدة شبه المنحرف الصغرى = ١٠ ارتفاعه ٤,٦٧ متر

طول القاعدة الكبرى = ١٠ + ٢ ( $\frac{٥}{٣}$ × ٤,٦٧ ) = ٢٥,٥٧ متر

∴ المسطح عند (١٢) = $\frac{١}{٢}$(١٠ + ٢٥,٥٧ ) × ٤,٦٧ = ٨٣,٠٦ متر$^{٢}$

**(جـ) حساب كميات الحفر أو الردم**

**يـتم حـساب مكعـبات الحفر أو الردم بإيجاد متوسط مسطح قطاعين عرضيين متتاليين ثم يضرب هذا المتوسط في طول المسافة بينهما .**

أي أن كمية الردم اللازمة بين نقطتي (١) ، (٢)

= $\frac{١}{٢}$ [ مسطح القطاع العرضي عند النقطة (١) + مسطح القطاع العرضي عند النقطة (٢) ] × البعد بين النقطتين .

= $\frac{١}{٢}$ ( ٥١,٥٨ + ٣٢,٣٦ ) × ٢٥ = ١٠٤٩,٣ متر$^{٣}$

كمية الردم بين(٢) ،(٣) = $\frac{١}{٢}$ ( ٣٢,٣٦ +٢٢,٦) × ٢٥ = ٦٨٧,٠ متر$^{٣}$

كمية الردم بين(٣) ،(س) = $\frac{١}{٢}$ (٢٢,٦ + صفر ) × ٢٠ = ٢٢٦,٠ متر$^{٣}$

كمية الحفر بين (س) ، (٤) = $\frac{١}{٢}$ (صفر + ٨,٠٦ ) × ١٠ = ٤٠,٣ متر$^{٣}$

كمية الحفر بين(٤) ،(ص) = $\frac{١}{٢}$ (٨,٠٦ + صفر )× ١٥ = ٦٠,٤٥ متر$^{٣}$

كمية الردم بين(ص) ،(٥) = $\frac{١}{٢}$ (صفر + ٦,١٢ )× ١٥ = ٤٥,٩٠ متر$^{٣}$

كمية الردم بين (٥) ، (٦) = $\frac{١}{٢}$ (٦,١٢ + صفر ) × ٣٠ = ٩١,٨ متر$^{٣}$

كمية الحفر بين (٦) ،(٧) = $\frac{١}{٢}$ (صفر + ٩,٣٢ ) × ٣٠ = ١٣٩,٨ متر$^{٣}$

كمية الحفر بين(٧) ،(٨) = $\frac{١}{٢}$ (٩,٣٢ + ٢٢,٤٥)×٣٠ = ٤٧٦,٥٥ متر$^{٣}$

كمية الحفر بين(٨) ،(٩) = $\frac{١}{٢}$ (٢٢,٤٥ + ٣٤,٥١) ×٣٠ = ٨٥٤,٤ متر$^{٣}$

كمية الحفربين(٩) ،(١٠) = $\frac{١}{٢}$ (٣٤,٥١ +٤١,٤٥)×٣٠ = ١١٣٩,٣ متر$^{٣}$

كمية الحفربين(١٠)،(١١) = $\frac{١}{٢}$ (٤١,٤٥+٦٢,٩٨)×٣٠ = ١٥٦٦,٤٥ متر$^{٣}$

كمية الحفر بين(١١)،(١٢) = $\frac{١}{٢}$ (٦٢,٩٨ + ٨٣,٠٦)×٣٠ = ٢١٩٠,٦ متر$^{٣}$

ويكــــون مجمـــوع كميــات الحفـــر الناتجــــة = ٤٠,٣ + ٦٠,٤٥ + ١٣٩,٨ + ٤٧٦,٥٥ + ٨٥٤,٤ + ١١٣٩,٣ +١٥٦٦,٤٥ +٢١٩٠,٦ = ٦٤٦٧,٩ متر$^{3}$ تقريبا .

أما مجموع كميات الردم اللازمة = ١٠٤٩,٣ + ٦٨٧ + ٢٢٦ + ٤٥,٩ + ٩١,٨ = ٢١٠٠,٠٠ متر$^{3}$ تقريبا .

## رسم القطاعات العرضية :

في القطاعات العرضية نظرا لأن النسبة بين المسافات الأفقية والتغيـر في المنسوب كبيرة نستعمل نفس مقياس الرسم للمسافات الأفقية والرأسـية ، وعادة نختار لكليهما مقياس الرســم المســتعمل للارتفاعــات فــي القطــاع الطولي ، وهنا لا يستدعى الأمر استعمال مقياسين للرسم ، حيــث إن طــول القطاع العرضي كما ذكرنا محدود جدا بعكس القطاع الطــولي الــذي يمتــد مسافات قد تصل إلى كيلو مترات .

وأفضل طريقة للرسم هي أن نوقع أولا مكان الوتــد المحــدد لنقطــة القطاع الطولي أي محور المشروع ، ثم نرسم خط مساعد يمثــل منســوب سطح الميزان ومنه نأخذ قراءات القامة لتحديد مناسيب نقط القطاع المختلفــة بعد تحديد مسافاتها .

ثم نرسم قطاع الأرض نفسه ، وبنفس مقيــاس الرســم نوقــع شــكل القطاع المصمم المطلوب تنفيذه ، ونلاحظ أن القطاع المرسوم هــو صــورة من الشكل المرفوع في دفتر الغيط ، غير أنــه بمقيــاس رســم صــحيح ، ثم نقوم بتوقيع مناسيب النقط على الرسم النهائي في حين يحتوي دفتر الغــيط على قراءات القامة .

## ثانيا : الميزانيات الشبكية وتقدير كميات الحفر والردم .

تهدف الميزانية الشبكية إلى تحديد مناسيب مجموعة من النقط ، يمكــن عن طريقها رسم خرائط تبين شكل سطح الأرض من مرتفعات ومنخفضــات تعرف بالخرائط الكنتورية ، حيث يمكن من واقع هذه النقط رســم خطــوط تتساوى في منسوبها يطلق عليها خطوط الكنتور .

## خطوط الكنتور

هي عبارة عن خطوط وهمية تمر بجميع النقط التي لها نفس المنسـوب ، ومنسوب خط الكنتور هـو منسـوب المسـتوى الـوهمي الأفقـي الـذي يمر بجميع النقط ذات المنسوب الواحد ، فخط الكنتور ٥٠ مثلا هـو الخـط الواصل بين جميع النقط التي منسوبها ٥٠ متر وخط كنتور ٥١ للنقط التـي منسوبها ٥١ متر وهكذا .

**خواص خطوط الكنتور**

١- جميع النقط الواقعة على خط كنتور معين لها منسوب واحد ثابت .

٢- تتقارب خطوط الكنتور في الانحدارات الشديدة وتتباعد فـي الأراضـي هينة الانحدار .

٣- إذا كانت المسافات بين خطوط الكنتور متساوية دل ذلك على أن الأرض منتظمة الميل .

٤- خطوط الكنتور لا تتقاطع .

٥- تتماس خطوط الكنتور في نقطة واحدة أو خط واحد في حالة الانحدارات الشديدة جدا مثل الجروف الرأسية .

٦- جميع خطوط الكنتور يجب أن تكون مقفله حتى ولو على إطار الخريطة

### الفترة الكنتورية :

عادة ما تكون المسافة الرأسية بين كل خط كنتور والذي يليـه ثابتـة ، وتسمى هذه المسافة بالفترة الكنتورية ، فلو كانت هذه المستويات في منسوب ٥٠ ، ٥٥ ، ٦٠ متر مثلا لحصلنا علـى خطـوط كنتـور ٥٠ ، ٥٥ ، ٦٠ وكانت الفترة الكنتورية هي ٥ متر .

ويختلف اختيار الفترة الكنتورية تبعا لما يلي :

١- طبيعة الأرض المراد إجراء ميزانية شبكية لهـا : فكلما زادت وعـورة هذه الأراضي ، أي زاد الفارق بين مناسيبها ( مما يعني شدة الانحـدار )

تزيد الفترة الكنتورية ، وفي الأرض قليلة الانحدار تقل الفترة الكنتورية ، إلى أن تنعدم في الأرض المستوية تماما .

٢- مقياس رسم الخريطة : فكلما صغر مقياس الرسم زادت الفترة الكنتورية والعكس صحيح .

٣- الغرض الذي ستستخدم فيه الخريطة الكنتورية : فلو أردنا استعمالها لتسوية قطعة أرض للزراعة يجب علينا تضيق خطوط الكنتور بتقليل الفترة الكنتورية بالقدر الذي يسمح به مقياس الرسم .

يراعى في الخرائط الكنتورية أن يكون ميل الأرض منتظما ما بين خطوط الكنتور المتتالية بحيث يمكن حساب أي نقطة تقع بين خطي الكنتور بالنسبة لبعدها عن كل منهما ، أما إذا لم يتحقق هذا الشرط في جزء من المنطقة المرفوعة فيجب اختيار خطوط كنتور مساعدة تميز في رسمها عن الخطوط المنتظمة .

## فوائد خطوط الكنتور

يمكن إيجاز أهم فوائد خطوط الكنتور فيما يلي :

١- تستعمل في عمليات تسوية الأراضي للزراعة والري .

٢- تستعمل في حساب انحدارات سطح الأرض .

٣- تستعمل عند تخطيط الترع والمصارف ، حيث تشق الترع في الأراضي العالية أما المصارف فتشق في الأراضي المنخفضة .

٤- يمكن عن طريقها الحصول على قطاعات طولية، وعرضية ، وجانبية يمكن استخدامها في دراسة وتخطيط المشروعات المختلفة .

٥- تعيين كميات الاتربة ، وسعة الخزانات ، وأماكن السدود ، ومواقع الخزانات .

٦- تستعمل فى توضيح مورفولوجية منطقة معينة على سطح الأرض .

## طرق إجراء الميزانيات الشبكية بالميزان أو البلانشيطة :

يستعمل جهاز الميزان في تنفيذ الميزانية الشبكية للأراضي التي لا يختلف فيها سطح الأرض كثيرا ( في حدود أربعة أمتار تقريبا ) وفي

الأراضي محدودة المساحة ، كما في المزارع ومناطق استصلاح الأراضي ، أما البلانشيطه فتستخدم في المناطق التلية أو المرتفعة إلا أنها أيضا لا تمتـد امتدادا كبيرا ، ويسبق إجراء الميزانية الشبكية بجهـاز البلانشـيطة تشـكيل مضلع ( ترافيرس) مقفل يحيط بالمنطقة المراد إجراء الميزانيـة لهـا مـن الداخل أو الخارج ، أو ترافيرس مفتوح حسـب طبيعـة المنطقـة بواسـطة البلانشيطة أو بجهاز آخر دقيق مثل التيودوليت ، ويصحح هـذا الترافيـرس ويضبط ويوقع على لوحة من الورق معامل تمددها ضئيل ، ويـتم حسـاب مناسيب نقط رؤوس المضلع بدقة .

يتم تحديد مواقع نقط القامة في هذه الطرق باتجـاه ومسـافة ، ويُحـدد الاتجاه بواسطة الأليداد عن طريق خط النظر الذي يصنعه منظـاره ، امـا المسافة فتقاس عن طريق شعرات الاستاديا بالطريقة التاكيومتريـة ( طـرق شعرات الاستاديا أو طريقة الظلال التي سبق الحديث عنها في جزء اللوحـة المستوية ) وتختلف طريقة تنفيذ الميزانية الشبكية بـاختلاف شـكل سـطح الأرض ومدى تباينه وتضرسه وأيضا حسب الدقة المطلوبة للخريطة وهـذه الطرق هي .

- طريقة المربعات أو المستطيلات .
- طريقة الاشعاع .
- طريقة النقط المبعثرة .
- الطريقة المباشرة .

## ١ – طريقة المربعات :

تعتبر هذه الطريقة من أفضل الطرق التـي تصـلح فـي الأراضـي والمناطق المكشوفة غير الوعرة والتي لا تختلف فيها مناسيب الأرض كثيرا ، كما تستخدم في الأراضي محدودة المساحة كقطع الأراضـي الزراعيـة ، وتنفذ هذه الطريقة باستعمال الميزان .

**خطوات العمل :**

أ- يجرى عمل مضلع حول المنطقة وتحديد أركانها إذا كانت حدودها غير مرسومة على خريطة سابقة أو غير واضحة على الطبيعة .

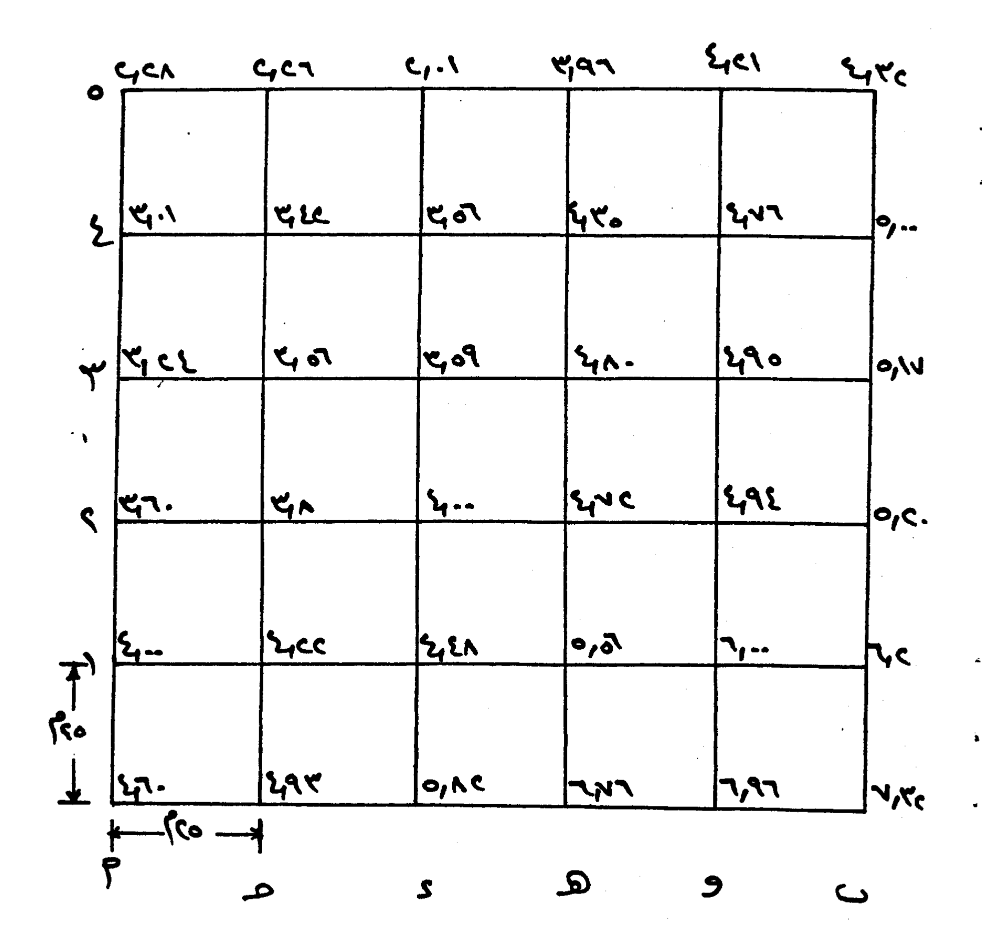
ب- ينتخب خطا يكون قريبا وموازيا إلى حد ما لأطوال حد من حدود المنطقة ( مثل أ ب ) ، ويقسم إلى مسافات متساوية بين ١٠ ، ٥٠ مترا حسب طبيعة الأرض والدقة المطلوبة ، يثبت في نقط التقسيم أوتادا خشبية تعطي لها حروف أبجدية جـ ، د ، هـ ... إلخ .

جـ- تقام أعمدة من نقط التقسيم بأي طريقة مناسبة من طرق إقامة الأعمدة حسب اتساع المنطقة ، وتقسم هذه الأعمدة إلى مسافات متساوية وهذه المسافات أما أن تتساوى مع المسافات المقسم إليها الخط أب أو لا تتساوى معها ، وينتج في حالة التساوي شبكة من المربعات ، وفي الحالة الثانية شبكة من المستطيلات ، وتسمى نقط التقسيم على هذه الأعمدة بأرقام ١ ، ٢ ، ٣ ، ... إلخ على كل عمود ، وبذلك فإن أي نقطة في الشبكة يمكن تسميتها بحرف ورقم مثل جـ٣ ، د٤ ، و٧ ( شكل ١٦٩ ) .

د- يرسم كروكي لهذه الشبكة ويسجل عليه النقط كلها .

ن- تجرى ميزانية طولية للخط أب لتعيين مناسيب الأوتاد ، وذلك عن طريق ربط هذا الخط بنقطة روبير قريبة ، ويتم تصحيح المناسيب بعد رصدها وحسابها ذهابا وعودة ، مرة على يمين الخط في الذهاب ، والأخرى على يساره في العودة . ويراعى في هذه الميزانية أن يوضع الجهاز في منتصف المسافة تقريبا بين المقدمة والمؤخرة .

هـ- يوضع الميزان في مكان مناسب يمكن منه رؤية أكبر عدد من نقط اركان الشبكة ، وتؤخذ قراءة مؤخرة على وتد من أوتاد الخط أب المحسوب منسوبه بدقة . يعين منسوب سطح الميزان وترصد القامة الموضوعة على الأركان واحدا بعد الآخر ، ويحسب منسوبها بطرح كل قراءة من منسوب سطح الميزان . وبذلك يتم الحصول على مناسيب الأركان التي تسجل مباشرة على الكروكي حتى بدون عمل جدول ميزانية .




شكل رقم ( ١٦٩ )

اجراء الميزانية الشبكية بطريقة المربعات

و- يمكن عمل جدول ميزانية بحيث يكتب في خانة رقم النقطة بالأرقام ١ ،٢ ،٣، ... وفي خانة الملاحظات رقم العمود جـ ، د ، هـ ، ...إلخ .

ى- من الطبيعي أن لا تنطبق حدود الأرض على حدود شبكة المربعات أو المستطيلات ، لذا يجب حساب مناسيب سطح الأرض عند نقط الحدود التي تقع على امتداد الأعمدة .

## ٢- طريقة الإشعاع

تستخدم هذه الطريقة في المناطق الوعرة ، ويجرى تنفيذها باللوحة المستوية ، اما في المناطق المستوية نوعا ( التي لا يتعدى الفارق بين أعلى منطقة فيها وأقل منطقة ٤ أمتار ) فيمكن استخدام الميزان .

**خطوات العمل .**

أ- توضع البلانشيطة فوق إحدى نقط المضلع مثل (أ) ( شكل١٧٠ ) وتضبط أفقيتها ، وترفع النقطة ( أ ) من الطبيعة إلى أ على لوحة البلانشيطة بواسطة شوكة الإسقاط .

ب- يوجه الاليداد إلى النقطة التالية لنقطة (ب) وترصد ويرسم الشعاع( أب) وتوقع عليه النقطة (ب) ، كذلك ترصد النقطة السابقة لنقطة (أ) في الترافيرس ( و ) مثلا ، ويرسم الشعاع أو يوقع عليه النقطة و ، ويحسن توجيه أشعة إلى أكثر من نقطة من نقطة المضلع كلما أمكن ذلك ( شكل رقم ١٧٠ ) .

ت- يختار اتجاه ثابت وليكن الاتجاه (أ ب) أو( أ و ) ، ويعين منه اتجاهات صادرة من النقطة أ تتقارب أو تتباعد ، أي تصغر أو تكبر الزوايا بينها حسب طبيعة الأرض .

ث- توضع حافة الاليداد منطبقة على الشعاع الأول ، وترصد مناسيب سطح الأرض عند نقط تغير الانحدار على طول اتجاه هذا الشعاع ، والأرصاد اللازمة لتحديد موقع القامة ومنسوب الأرض تحتها هي : قراءة الشعرات العليا والوسطى والسفلى ، والزاوية الرأسية سواء كانت زاوية

ارتفاع أو انخفاض ، وارتفاع المحور الأفقي للمنظار عن سطح الأرض التي يقف عليها الجهاز .

جـ - يحدد موقع القامة المرصودة بحساب المسافة الأفقية بينها وبين موقع الجهاز كالآتي :

ف= هـ × ث × جتا$^{2}$ن + ك جتا ن

وإذا كان الجهاز به عدسة تحويلية تكون :

ف = هـ × ث × جتا$^{2}$ن

ن- يحدد منسوب القامة المرصودة كالتالي :

المنسوب في حالة زاوية الارتفاع = منسوب المحطة أ + ارتفاع الجهاز + ص - قراءة الشعرة الوسطى .

المنسوب في حالة زاوية الانخفاض = منسوب المحطة أ + ارتفاع الجهاز - ص - قراءة الشعرة الوسطى .

حيث ص = ف ظان

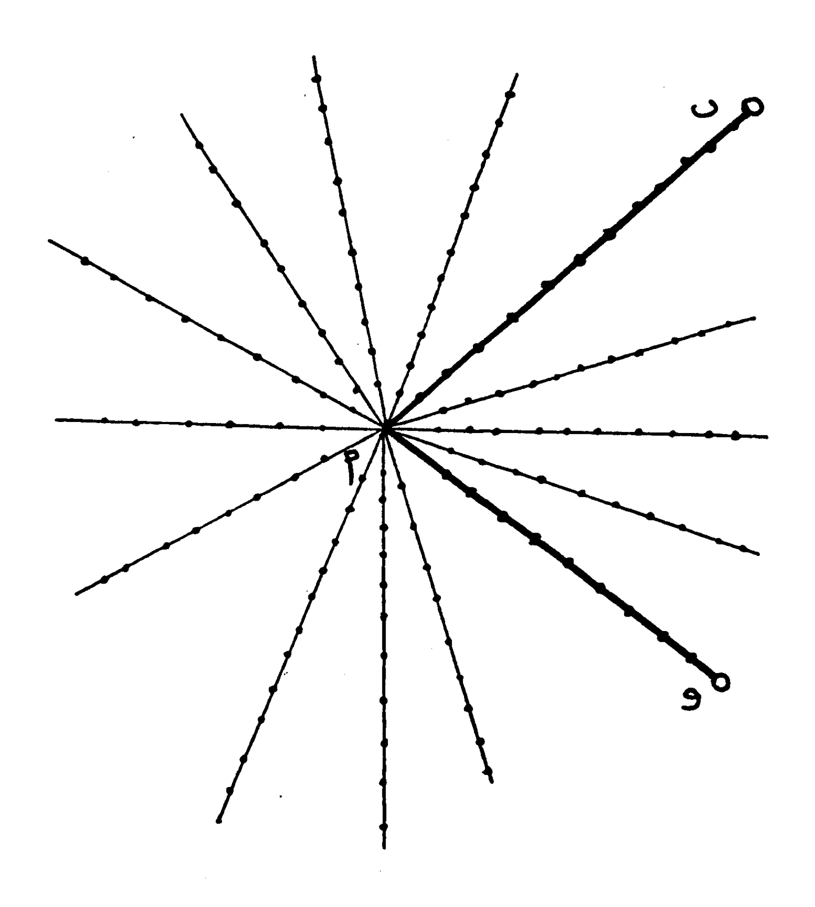
هـ- نسجيل الأرصاد في جدول كالتالي :

جدول رقم (٦٩)

| النقطة | قراءة الشعرات | | | الفرق بين العليا والسفلى | الزاوية الرأسية | المسافة الأفقية | (ص) | المنسوب | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | العليا | الوسطى | السفلى | | | | | | |

و- يكرر العمل بنفس الطريقة على باقي الأشعة حتى الانتهاء من العمل فوق النقطة أ ، ثم ينقل الجهاز لباقي نقط المضلع ويكرر العمل فوق كل نقطة ترفع النقطة من الطبيعة إلى اللوحة ، وترصد وتوقع النقطتان المجاورتان لها السابقة واللاحقة ، ثم تعين اتجاه الخطوط ، وترصد مواقع ومناسيب نقط تغير انحدار سطح الأرض على طول كل شعاع ، وتوقع هذه النقط ويسجل بجانبها مناسيبها .

ى- تجمع لوحات النقط بمساعدة الترافيرس المصحح والسابق توقيعه على اللوحة.




شكل رقم ( ١٧٠ )
اجراء الميزانية الشبكية بطريقة الاشعاع

## ٣- طريقة النقط المبعثرة:

تستعمل هذه الطريقة في رفع جميع الأراضي الوعرة وغير الوعرة ويتم العمل بها بنفس طريقة الإشعاع من تشكيل مضلع في المنطقة ، بحيث يمكن رؤية المنطقة من نقطة ويتم رفعها وتصحيح المضلع وتوقيعه على اللوحة ثم تحتل البلانشيطة إحدى النقط وترصد النقطتان المجاورتان لها توجه الاليداد إلى النقط إلى يتغير فيها درجة الانحدار دون التقيد باتجاه معين ثابت ، وتوقع النقط بقياس المسافات إليها تاكيومتريا ، وتعين مناسيبها بنفس الطريقة السابقة ، وبعد رصد وتوقيع جميع النقطة المحيطة بهذه النقطة من نقط المضلع ، ننقل البلانشيطة إلى النقطة التالية وهكذا ( شكل ١٧١ ) ثم تجمع اللوحات إلى بعضها بمساعدة الترافيرس السابق توقيعه فينتج لوحة المناسيب الكلية للمنقطة المراد رفع مناسيبها .

## ٤- الطريقة المباشرة:

تعتمد الطريقة المباشرة لرسم خطوط الكنتور على تحديد عدد من النقط في الطبيعة لها نفس المنسوب ، ثم ترفع هذه النقط على الخريطة . وتعطي هذه الطريقة دقة متناهية لكنها تحتاج إلى وقت وجهد وعامل ماهر متمرن .وتستخدم عند إنشاء الخرائط ذات الفترة الكنتورية الصغيرة ( تتراوح بين ١ ، ٢ م ) .

## طريقة رسم خطوط الكنتور:

تعتبر اللوحة الموقع عليها نقط المناسيب المرحلة الأولى لإنشاء خطوط الكنتور ، إذ يتم توصيل النقط متساوية المنسوب بخط منحني هو خط الكنتور ، ويطلق عليه قيمة منسوب النقط التي يربط بينها ، ولا يشترط دائما أن نجد نقط يتفق منسوبها مع خط الكنتور المراد إنشاؤه ، فنقط المناسيب تتحدد كثافتها من حيث الكثرة أو القلة حسب إمكانيات المساح التي يحددها على الطبيعة ، بينما ترسم خطوط الكنتور حسب الغرض المراد من إنشاء الخريطة ، فإذا أريد رسم خط كنتور لا يتفق منسوبه مع نقط المناسيب المسجلة على الخريطة ، أو بمعنى آخر أن نقط المناسيب

المتفقة معه غير كافية لإنشائه تتبع إحدى الطرق الآتية بشرط أن يوضع في الاعتبار أن أساس تحديد خط الكنتور هو اعتبار سطح الأرض منتظم الانحدار بين كل نقطتين متجاورتين أي أن القطاع بين كل نقطتين متجاورتين عبارة عن خط مستقيم .

**١ – الطريقة الحسابية :**

مع أن هذه الطريقة طويلة ومملة في تحديد خطوط الكنتور إلا أنها تناسب الأراضي التي تقل فيها حدة تضاريس الأرض بصورة كبيرة ، وأساسها هو تقسيم المسافة بين نقطتين بنسبة الفرق بين منسوب كل منهما وبين المنسوب المطلوب لرسم خط من خطوط الكنتور ، نفرض أنه يراد تعيين مواقع خطوط كنتور ٥٠، ٦٠ ، ٧٠ مترا في المسافة المحصورة بين نقطتي منسوب ٤٥ ، ٧٥مترا نصل بين نقطتي منسوب ٤٥ ، ٧٠ بخط مستقيم ، ويعين طوله على الخريطة = ٨ سم مثلا ، ثم يعين فرق المنسوب بين النقطتين ٧٥ – ٤٥ = ٣٠ مترا وتحسب مواقع خطوط الكنتور المطلوبة كالآتي :

٨ سم ←——— تقابل ٣٠ مترا ( فارق المنسوب )

∴ س ←——— تقابل ( المنسوب المراد تحديده – منسوب نقطة بداية الخط الصغرى )

ولتحديد منسوب ٥٠

٨ سم ←——— ٣٠ متر

س ←——— (٥٠ – ٤٥م )

∴ س = ١,٣ سم تقريبا

لتحديد منسوب ٦٠

٨ سم ←——— ٣٠ متر

س ←——— (٦٠ – ٤٥م )

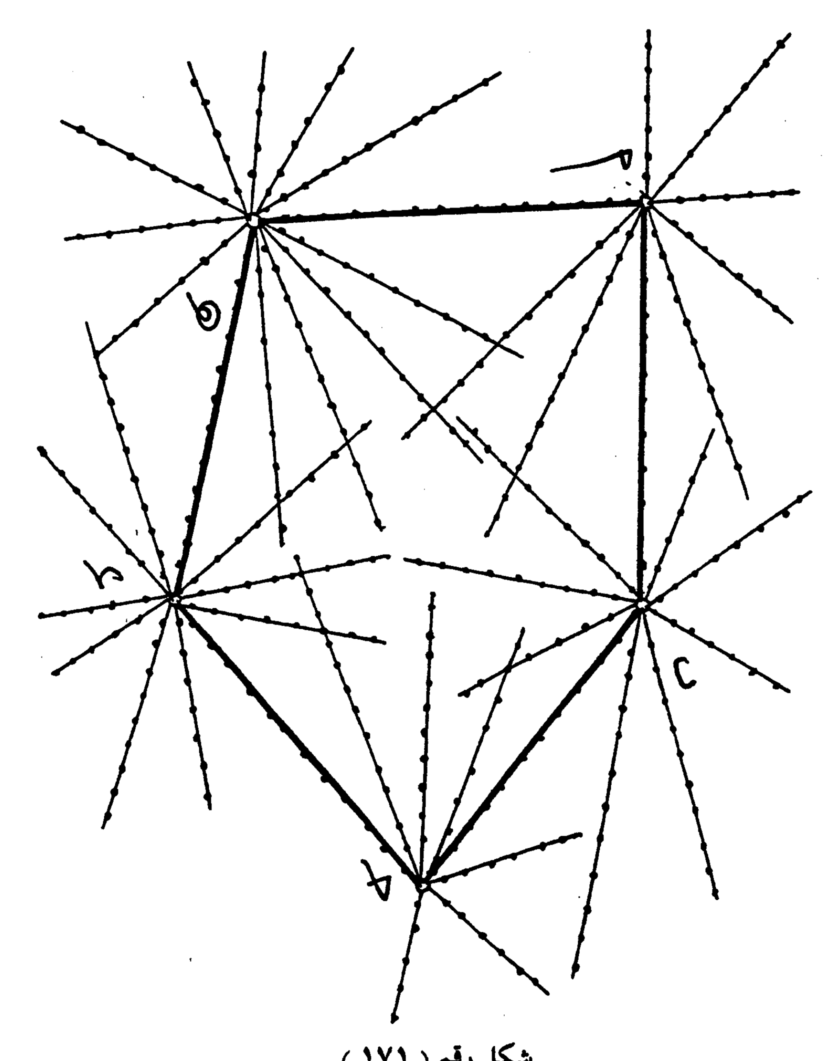
∴ س = ٤ سم

لتحديد منسوب ٧٠

٨ سم ←——— ٣٠ متر

س ←——— (٧٠ – ٤٥م )

∴ س = ٦,٧ سم تقريبا



شكل رقم ( ١٧١ )

اجراء الميزانية الشبكية بطريقة النقط المبعثرة

وتوقع هذه المسافات على الخريطة بواسطة المسطرة فتكون ٥٠م على بعد ١,٣سم من نقطة منسوب ٤٥ ، في حين تكون نقطتـــي منســـوب ٦٠ ، ٧٠م على بعد ٤ سم ، ٦,٧ سم على الترتيب .

٢- طريقة النسبة والتناسب بالرسم :

في المثال السابق منطقة محصورة بين منسوبي ٤٥ ، ٧٥ متر ، ويراد توقيع خطوط كنتور ٥٠ ، ٦٠ ، ٧٠ ، وباعتبار أن الانحدار منتظمـــا علـــى سطح الأرض بين هاتين النقطتين ، يمكن تحديد مواقع نقط خطوط الكنتـــور المطلوبة بالرسم ، فعلى سبيل المثال عند تحديد نقطة خط كنتور ٥٠ نقـــول أن خط كنتور (٥٠) يرتفع عن نقطة ٤٥ بمقـــدار ٥ متـــر ويـــنخفض عـــن نقطة ٧٥ بمقدار ٢٥م ، يرسم عمودا على الخط الواصل بين النقطتين عنـــد نقطة ٤٥ طوله ٥ وحدات ولتكن ٥ مم مثلا ، ويرسم عمودا أخر عند نقطـــة ٧٥ طوله ٢٥ وحدة أي ٢٥ مم نصل بين طرفي العمودين بخط يتقاطع مـــع الخط الواصل بين ٤٥ ، ٧٥ في نقطة هي موقع كنتور ٥٠ ، كذلك كنتـــور ٦٠ يرتفع عن ٤٥ بمقدار ١٥ وحدة ويقل عن ٧٥ بمقدار ١٥ وحدة ، أيضا يمثل بعمود في الجهة العكسية ، وبتوصل طرفي العمودين بخط يتقاطع مـــع الخط الآخر في نقطة هي موقع الكنتور ٦٠ وبنفس الطريقـــة يمكـــن تعيـــين نقطة كنتور ٧٠ متر ( شكل ١٧٣ ) .

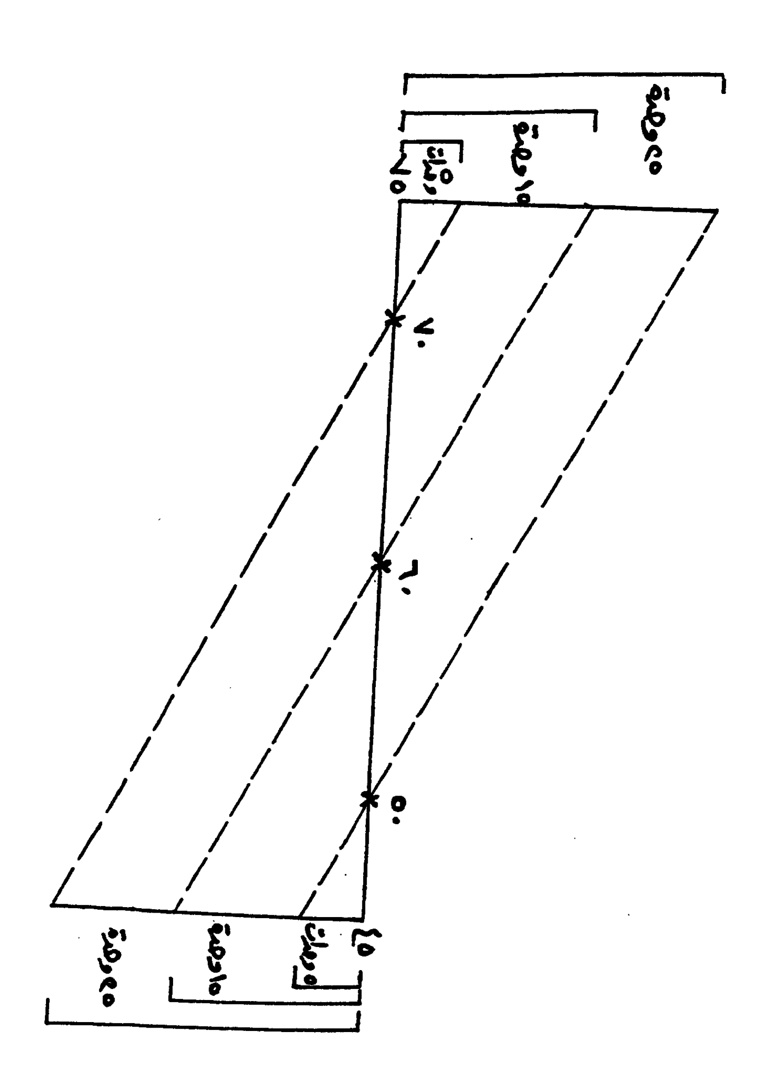
٣- طريقة المثلث الشفاف

تعتبر هذه الطريقة من الطرق السريعة المستعملة كثيرا وتتخلص فيما يلي :

أ- تجهيز ورقة كلك ويرسم عليها خط وليكن أب بطول مناسب وليكن ١٦سم ويقسم إلى قسمين متساويين ، ومن نقطة المنتصف يقام عمود بأي طـــول وليكن ١٦سم ، ويوصل طرفي العمود بكل من أ ، ب .

ب- يقسم الخط أب إلى أقسام متساوية وليكن طول كل منها ( ١ ســـم ) ثـــم توصل نقط التقسيم بطرف العمود مع ملاحظة قطع الخطوط قرب قمـــة العمود حتى لا تتلاحم وتتطمس ( شكل ١٧٣ ) .

جـــ- يقسم العمود إلى ٣ أو ٤ أقسام ويرسم من نقطة التقسيم خطوط أفقيـــة توازي الخط أب .



شكل رقم ( ١٧٢ )

طريقة النسبة والتناسب بالرسم

تعيين نقط الكنتور بطريقة المثلث الشفاف

شكل رقم ( ١٧٣ )

د- لتعيين موقع خطوط كنتور ٥ ، ١٠ ، ١٥ مثلا بين نقطتي ٤ ، ١٦ متر توضع الورقة الشفافة على لوحة المناسيب بحيث يصير الخط الواصل بين نقطتي المنسوب ٤ ، ١٦ موازيا للخط أ ب أو أي خط أفقي آخر ، وتحرك الشفافة إلى أعلى أو أسفل مع الاحتفاظ بالتوازي حتى يأتي وضع يحصر فيه الحد الخارجي للمثلث الكبير والخط المائل بعد ١٢ قسما الخط الواصل بين ٤ ، ١٦ وبهذا يكون الخط مقسما ١٢ قسما متساويا هو مقدار فرق المنسوب ، تعيين نقطة كنتور ٥ على بعد قسم واحد ، وعلى بعد ٦ أقسام تقع نقطة منسوب ١٠ وعلى بعد ١١ قسما يقع منسوب ١٥ وباستعمال دبوس إبرة يتم تعيين هذه النقط .

## حسابات تسوية الأراضي باستخدام الميزانية الشبكية :

**المثال رقم ( ٧٦ ) : يوضح كيفية حساب مكعبات الحفر أو الردم لتسوية الأراضي : قطعت أرض أبعادها ١٢٠ × ١٨٠ متراجريت لها ميزانية شبكية على شكل مربعات طول ضلع المربع ٣٠ م ويراد تسويتها .**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ٤,٥٨ | ٥,٩٢ | ٥,٣٢ | ٦,٤٢ | ٧,٦٢ | ٧,٢٦ | ٨,٩٢ |
| ٤,٣٢ | ٥,١٢ | ٥,٩٠ | ٥,٤٠ | ٥,٧٧ | ٥,٩٤ | ٧,٤٣ |
| ٢,٩٢ | ٤,٥٠ | ٤,٧٥ | ٥,١٥ | ٥,٦٢ | ٥,٦٨ | ٦,٨٢ |
| ٢,٦٥ | ٣,٨٧ | ٤,١٩ | ٤,٤٩ | ٥,١٢ | ٥,١٦ | ٥,٤٢ |
| ١,٣٥ | ١,٤٩ | ٢,٩٢ | ٣,٤٢ | ٤,٠١ | ٤,٦٣ | ٤,٨٢ |

١- مساحة قطعة الأرض = ١٢٠ × ١٨٠ = ٢١٦٠٠ م$^{2}$

٢- متوسط منسوب سطح الأرض = مجموع المناسيب / عدد المناسيب = ١٧٤,٩ / ٣٥ = ٤,٩٩٧

أي ٥ تقريبا ، وهذا المتوسط يعتبر منسوب التسوية .

٣- يحسب عمق الحفر أو ارتفاع الردم عند كل نقطة وذلك بطرح منسوبها من منسوب التسوية ويفرغ في جدول كالآتي :

ملحوظة : القيمة التي تزيد عن متوسط التسوية توضح في خانة عمق الحفر اما القيمة التي تقل عن متوسط التسوية فتوضع في خانة ارتفاع الردم .

٤- يتضح من الجدول أن عدد النقط التي يلزم لها الحفر = ١٩

وأن عدد النقط التي يلزم عندها الردم = ١٦

جدول رقم ( ٧٠ )

| النقطة | عمق الحفر | ارتفاع الردم | النقطة | عمق الحفر | ارتفاع الردم | النقطة | عمق الحفر | ارتفاع الردم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | | ٠,٤٢ | ١٣ | ٠,٩٤ | | ٢٥ | | ٠,٥١ |
| ٢ | ٠,٩٢ | | ١٤ | ٢,٤٣ | | ٢٦ | ٠,١٢ | |
| ٣ | ٠,٣٢ | | ١٥ | | ٢,٠٨ | ٢٧ | ٠,١٦ | |
| ٤ | ١,٤٢ | | ١٦ | | ٠,٥٠ | ٢٨ | ٠,٤٢ | |
| ٥ | ٢,٦٧ | | ١٧ | | ٠,٢٥ | ٢٩ | | ٣,٦٥ |
| ٦ | ٢,٢٦ | | ١٨ | ٠,١٥ | | ٣٠ | | ٣,٥١ |
| ٧ | ٣,٩٢ | | ١٩ | ٠,٦٢ | | ٣١ | | ٢,٠٨ |
| ٨ | | ٠,٦٨ | ٢٠ | ٠,٦٨ | | ٣٢ | | ١,٥٨ |
| ٩ | ٠,١٢ | | ٢١ | ١,٨٢ | | ٣٣ | | ٠,٩٩ |
| ١٠ | ٠,٩٠ | | ٢٢ | | ٢,٣٥ | ٣٤ | | ٠,٣٧ |
| ١١ | ٠,٤٠ | | ٢٣ | | ١,١٣ | ٣٥ | | ٠,١٨ |
| ١٢ | ٠,٧٧ | | ٢٤ | | ٠,٨١ | | | |
| | | | | | | | ٢١,٠٤ | ٢١,٠٩ |

∴ متوسط عمق الحفر = (مجموع أعماق الحفر / عدد نقط الحفر) = (٢١,٠٤ / ١٩) = ١,١٠٧ متر

متوسط ارتفاع الردم = (مجموع ارتفاع الردم / عدد نقط الردم) = (٢١,٠٩ / ١٦) = ١,٣١٨١ متر

٥- يمكن حساب مساحة الجزء الذي يلزم له الحفر والجزء الذي يجب عنــده الردم عن طريق النسبة والتناسب .

مساحة الجزء المحفور = $\frac{\text{١٩}}{\text{٣٥}}$ × ٢١٦٠٠ = ١١٧٢٦ م$^{٢}$ تقريبا .

مساحة الجزء المردوم = $\frac{\text{١٦}}{\text{٣٥}}$ × ٢١٦٠٠ = ٩٨٧٤ م$^{٢}$ تقريبا .

٦- يمكن حساب مكعبات الحفر أو الردم كالتالي

مكعبات الحفر = مساحة الجزء المحفور × متوسط عمق الحفر

مكعبات الردم = مساحة الجزء المردوم × متوسط ارتفاع الردم

وتكون مكعبات الحفر في المثال = ١١٧٢٦ × ١,١٠٧ = ١٢٩٨١م$^{٣}$ تقريبا

أما مكعبات الردم = ٩٨٧٤ × ١,٣١٨ = ١٣٠١٤ م$^{٣}$ تقريبا .

ملحوظة : هذه الطريقة تصلح عند التقديرات الأولى قبــل تنفيــذ مشــروع التسوية بصفة عامة ولزيادة دقة التقدير يجب تعيين الخط الفاصل بين الحفــر والردم وعادة ما يكون غير منتظم ، لأنه عبارة عن خط كنتور ينعدم عنــده الحفر أو الردم .

أ- نلاحظ بعد رسم خط كنتور مستوى التسوية وجود مربعات كاملة في كلا من منطقة عمق الحفر وارتفاع الردم .

ب- يمكن حساب عمق الحفر أو ارتفاع الردم في قطعة الأرض التي تمثلهــا المربعات الكاملة عن طريق القانون التالي .

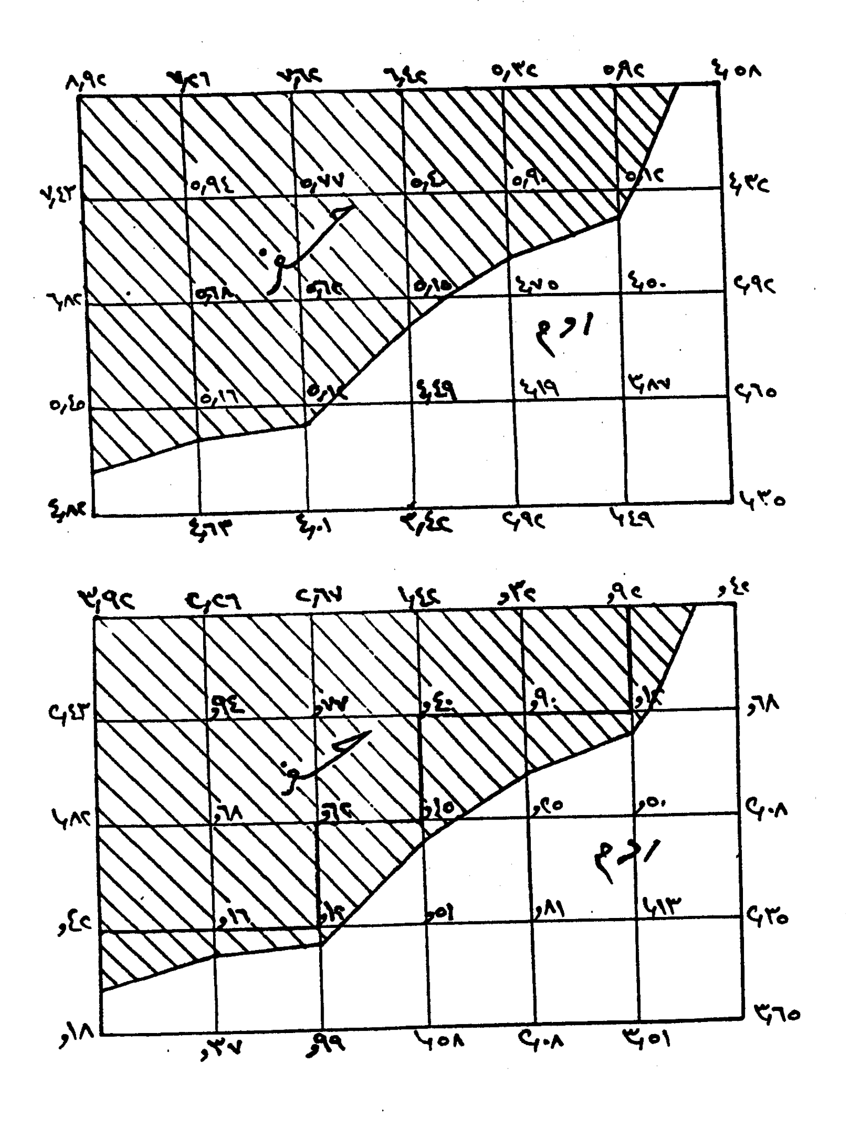
$$\text{الحجم الكلي} = \frac{\text{م}}{\text{٤}} \left( \text{ع}_{١} + \text{٢ ع}_{٢} + \text{٣ع}_{٣} + \text{٤ع}_{٤} \right)$$

حيث :

م = مساحة البلوك الواحد ( سواء كان مربع أو مستطيل )

$\text{م}_{١}$ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة في جزء واحد .

$\text{م}_{٢}$ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة في جزئين .



شكل رقم ( ١٧٤ )

$م_3$ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة في ثلاثة أجزاء .

$م_4$ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة في أربعة أجزاء .

وعند التطبيق في المثال السابق إذا ما أخذنا قطعة الأرض التي يلـــزم لها الحفر والتي تحددها المربعات الكاملة يمكن حساب كمية الحفر كالتالي :

أ- نطرح منسوب ٥ متر من مناسيب جميع النقط لنحصل على الارتفاعـــات الزائدة عن منسوب التسوية ( شكل ١٧٤ ب ) .

ب- نكون الجدول رقم ( ٧١ ) :

**جدول رقم ( ٧١ )**

| $ع_1$ | $ع_2$ | $ع_3$ | $ع_4$ |
|---|---|---|---|
| ٠,٩٢ | ٠,٣٢ | ٠,٤٠ | ٠,٧٧ |
| ٣,٩٢ | ١,٤٢ | ٠,٦٢ | ٠,٩٤ |
| ٠,١٢ | ٢,٦٢ | – | ٠,٦٨ |
| ٠,١٥ | ٢,٢٦ | – | – |
| ٠,١٢ | ٠,٩ | – | – |
| ٠,٤٥ | ٢,٤٣ | – | – |
| – | ١,٨٢ | – | – |
| – | ٠,١٦ | – | – |
| ٥,٦٨ | ١١,٩٣ | ١,٠٢ | ٢,٣٩ |

جـ- مساحة البلوك الواحد = ٣٠م × ٣٠ م = ٩٠٠ $م^2$

∴ الحجم الكلي للحفر في المنطقة التي تحددها المربعات الكاملة .

$$= \frac{م}{٤} \left( ع_1 + ٢ ع_2 + ٣ع_3 + ٤ ع_4 \right)$$

$$= \frac{٩٠٠}{٤} ( ٥,٦٨ + ٢ \times ١١,٩٣ + ٣ \times ١,٠٢ + ٤ \times ٢,٣٩ ) = ٩٤٨٦ م^3$$

وللحصول على نتائج أكثر دقة تقسم قطعـــة الأرض إلـــى مثلثـــات ، وذلـــك بتوصـــيل أقطـــار المربعـــات أو المســـتطيلات المقســـمة إليهـــا القطعة ( شكل ١٧٥ ) .

ويجب علينا أن نختار القطر المطابق لسطح الأرض تقريبا أي توصل الأركان ذات الفرق الأقل .

وإذا ما أردنا حساب الحجم الكلي لعمق الحفر في المنطقة التي تحددها المربعات الكاملة السابقة لابد من توصيل الأقطار التي تتفق مع شكل سطح الأرض ( بعد طرح منسوب التسوية من مناسيب النقاط بالطبع ) وبالتالي يمكن حساب الحجم الكلي من القانون التالي .

الحجم الكلي = $\frac{م}{٣}$ (ع$_{١}$ + ٢ ع$_{٢}$ + ٣ع$_{٣}$ + ..............)

حيث م = مساحة المثلث

ع$_{١}$ = مجموع الارتفاعات التي تشترك في جزء واحد .

ع$_{٢}$ = مجموع الارتفاعات التي تشترك في جزئين .

ع$_{٣}$ = مجموع الارتفاعات التي تشترك في ثلاثة أجزاء .

● ارتفاع مشترك في جزء واحد .

ارتفاع مشترك في جزئين .

ارتفاع مشترك في ثلاثة أجزاء .

ارتفاع مشترك في أربعة أجزاء .

ارتفاع مشترك في خمسة أجزاء .

ارتفاع مشترك في ستة أجزاء .

ارتفاع مشترك ي سبعة أجزاء

ارتفاع مشترك ي ثمانية أجزاء

أ- من الشكل رقم ( ١٧٥ ) نكون الجدول التالي

جدول رقم ( ٧٢ )

| $ع_1$ | $ع_2$ | $ع_3$ | $ع_4$ | $ع_5$ | $ع_6$ | $ع_7$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ٣,٩٢ | ٠,٩٢ | ٠,٣٢ | ٢,٢٦ | ٠,٤٠ | ٠,٦٨ | ٠,٧٧ |
| ٠,١٢ | ٢,٦٧ | ١,٤٢ | – | ٠,٩٤ | – | – |
| ٠,١٥ | ٠,٤٢ | ٠,٩٠ | – | ٠,٦٢ | – | – |
| ٠,١٢ | – | ٢,٤٣ | – | – | – | – |
| – | – | ١,٨٢ | – | – | – | – |
| | | ٠,١٦ | | | | |
| ٤,٣١ | ٤,٠١ | ٧,٠٥ | ٢,٢٦ | ١,٩٦ | ٠,٦٨ | ٠,٧٧ |

ب- مساحة المثلث الواحد = $\frac{١}{٢}$ × ٣٠ × ٣٠ = ٤٥٠ م$^{٢}$

الحجم الكلي للحفر في المنطقة التي تحددها المربعات الكاملة بهذه الطريقة

= $\frac{م}{٣}$ (ع$_1$ + ٢ ع$_2$ + ٣ع$_3$ + ..........+ ٨ ع$_8$ )

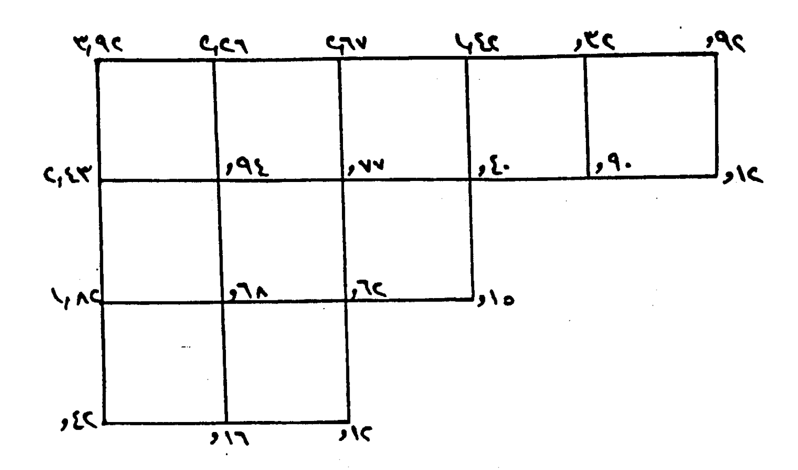
= $\frac{٤٥٠}{٣}$ ( ٤,٣١ +٢ ×٤,٠١ +٣ × ٧,٠٥ + ٤ × ٢,٢٦ + ٥ ×١,٩٦
+٦×٠,٦٨ + ٧ × ٠,٧٧ )

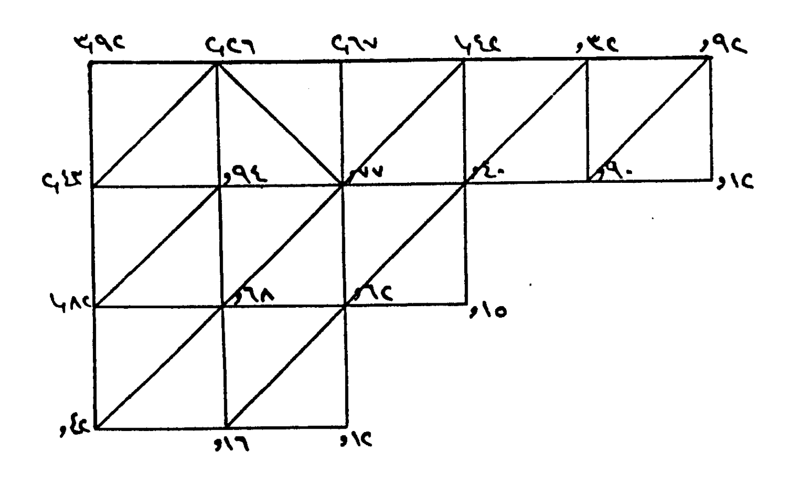
= $\frac{٦١,٧٩ \times ٤٥٠}{٣}$ = ٩٢٦٨,٥ م$^{٣}$

٧- أما الأجزاء غير المنتظمة خارج المربعات الكاملة فسنأخذ جزءا واحدا منها على سبيل المثال ونتبع نفس الطريقة في الأجزاء الأخرى لحساب مكعبات الردم .

الجزء أ ب ج د هـ ( شكل ١٧٦ ) .

يقسم الشكل إلى المستطيل أ ب س هـ ، ونستنتج منسوب ب ، س بالنسبة والتناسب .


٣,٩٢
٢,٢٦
٢,٦٧
١,٤٤
,٣٢
,٩٢
٢,٤٣
,٩٤
,٧٧
,٤٠
,٩٠
,١٢
١,٨٢
,٦٨
,٦٢
,١٥
,٤٢
,١٦
,١٢

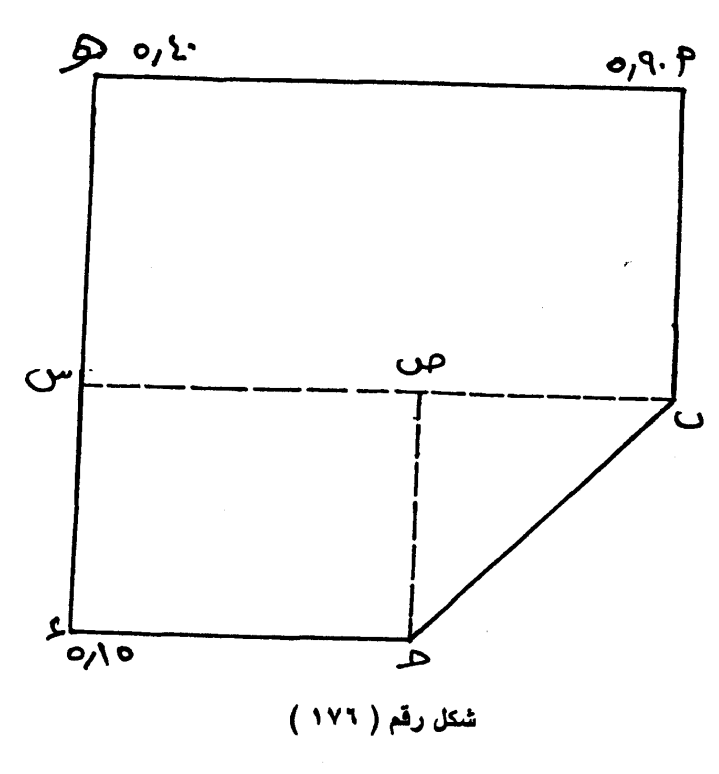

٣,٩٢
٢,٢٦
٢,٦٧
١,٤٤
,٣٢
,٩٢
٢,٤٣
,٩٤
,٧٧
,٤٠
,٩٠
,١٢
١,٨٢
,٦٨
,٦٢
,١٥
,٤٢
,١٦
,١٢

شكل رقم (١٧٥)

والمستطيل ص جـ د س نستنتج بالنسبة والتناسب أيضا منسوب ص ، والمثلث ب جـ ص وبجمع هذه الأجزاء نحصل على حجم الردم . ويكـرر العمل في باقي الأجزاء غير المنتظمة .

٨- تتبع نفس الطرق السابقة لحساب كميات الحفر في منطقة الحفـر وذلـك بتقسيمها إلى شكل يتكون من مربعات كاملة يجرى تقسيمها إلى مثلثـات وحساب الأجزاء غير المنتظمة الأخرى وجمعها .

٩- في حالة ما إذا كانت الأشـكال رباعيـة ( مربـع أو مسـتطيل ) فـإن المقام في المعادلة السابقة يصبح ٤ ، لأن عدد حروف المقطع العمـودي في هذه الحالة ٤.




شكل رقم ( ١٧٦ )

# تمارين على الميزانية

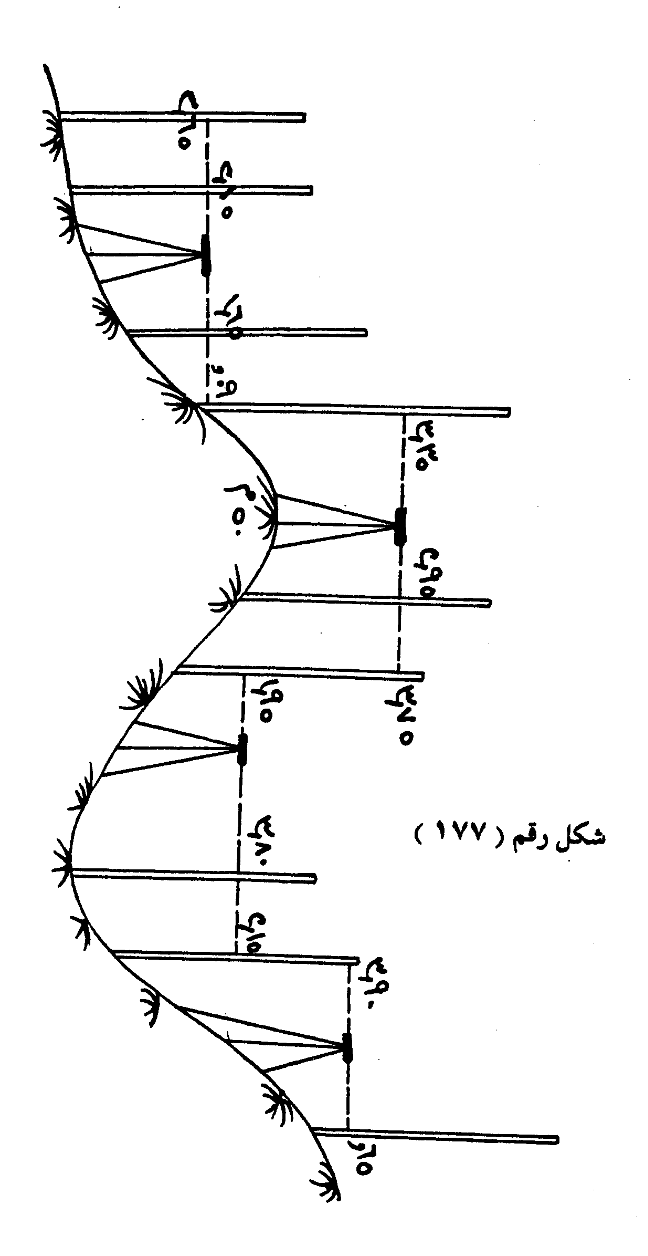
١- أخذت القراءات الآتية لميزانية طولية : ١,٤٢ ، ٢,٣٤ ، ٠,٨٦ ، ١,٢٧ ، ٠,١ ، ٣,١٥ ، ٣,٥٤ ، ١,٢٨ ، ٠,٨٧ ، ٠,٧٥ ، ٢,٧٧ ، ٢,٦٦ ، صفر ، علما بأن النقط ٤ ، ٧ ، ٨ محاور دوران للميزانية وأن منسوب النقطة الرابعة ٥,١٦ مترا والمطلوب وضع هذه القراءات في جدول ميزانية كامل وحساب المناسيب للنقط بطريقة منسوب سطح الميزان مع تحقيقها .

٢- للحصول على منسوب نقطة رؤوس ترافيرس سلسلت ميزانية من روبير أ والذي منسوبه ٥٠ متر ولربط الميزانية استكملت حتى روبير ب ومنسوبه ٥٠,٠٦ م ، وكانت القراءات كالآتي : ٣,١١ ، ١,١٥ ، ٢,٥٠ ، ٠,٧٨ ، ٢,١٨ ، ٢,٦٥ ، ١,٤٥ ، ٢,١٣ ، ٢,٩٥ ، ١,٤٨ ، ٢,٤٢ ، ٢,٢٢ ، ٢,٢٥ ، ١,٨٩ ، ٢,٨٥ ، ١,٦٥ ، ٠,٤٥ ، ٢,٩٦ .
فإذا كانت القراءة الثانية والخامسة والتاسعة والحادية عشر والرابعة عشر والسادسة والثامنة عشر مقدمات .

أ- أوجد مناسيب النقط بعد وضع القراءات في جدول ميزانية بطريقتي الارتفاع والانخفاض ومنسوب سطح الميزان .

ب- ما حكمك على دقة هذه الميزانية إذا كانت المسافة بين الروبير أ والروبير ب هي ٢,١٠ كم .

٣- أجريت ميزانية طولية على محور جسر ترعة فكانت قراءات القامة كما يلي : ( ١,٣٩ ) ، ٢,١٥ ، ٢,٦٩ ، ١,٣٩ ، (٣,٥٩) ، ١,٩٤ ، (١,٩٨) ، ٢,٥٣ ، ٢,٥٥ ، ٣,٩٦ ، ١,٢٩ ، ٣,١٥ . علما بأن القراءات بين الأقواس مؤخرات ومنسوب النقطة السادسة ١٦,٥٠ مترا فوق سطح البحر ، كما أن المسافات بين جميع النقط متساوية = ٣٠ مترا ، والمطلوب وضع هذه القراءات في جدول ميزانية بطريقة الارتفاع والانخفاض وتحقيقها حسابيا ورسم قطاع طولي لها بمقياس رسم مناسب .



شكل رقم ( ١٧٧ )

٤- أجريت ميزانية طولية حول محيط قطعة أرض دائرية الشكل نصف قطرها ٣٥٠ مترا وكانت اول قراءة على روبير منسوبة (٥٠متر ) والقراءات التالية كالاتي : ١,٨١ ، ٢,١٤ ، ١,٠٦ ، (١,٩٩) ، ١,٥٢ ، (٢,٢٣) ، ٢,٨٧ ، ٣,١٥ ، ٢,٩٠ ، ٢,٠٠ ، (١,٧٠) ، ٢,٣٥ ، ١,٨٩ ، ١,٦٠ ، ( ١,٠٠) ، ٣ ، ١,٢٣ ، ٢,٨٩ فإذا انتهت الميزانية على نفس الروبير وأن القراءات بين الأقواس مقدمات فأوجد قيمة الخطأ في الميزانية وبين هل هو مسموح به أم لا .

٥- أخذت القراءات الآتية لحساب مناسيب رؤوس ترافيرس مقفل (١,٨٨) ، ١,٦٩ ، ٢,٣ ، (٣,٧٨) ، ٣,٧٦ ، (٢,٢١) ، ٢,٦٧ ، ١,٧٦ ، (٠,٠٩) ، ١,٤٤ ، هـ ما هي القراءة هـ الواجبة لتكون في منسوب أول نقطة مع العلم بأن منسوب أول نقطة = ٢٠ متر والقراءات بين القوسين مؤخرات ، حقق العمل الحسابي .

٦- الشكل رقم ( ١٧٧ ) يبين كروكي لميزانية أجريت بالميزان المساحي ، والمطلوب وضع قراءات القامة وحساب مناسيب النقط في جدول ميزانية بطريقة الارتفاع والانخفاض مع تحقيقها علما بأن نقطة موضع الجهاز الثانية منسوبها ٥٠ م وأن ارتفاع الجهاز ١,٥٦ متر .

٧- عند القيام بإجراء ميزانية طولية أخذت القراءات الآتية على القامة ٢,٥٩ ، ٢,٦٩ ، (١,٤٨) ، ٣,١٩ ، ٢,٢٩ ، (١,٩٧) ، ١,٨٩ ، (١,٧٦) ، ١,٣٩ ، ١,١٥ ، (٢,٥٤) – القراءات بين الأقواس مقدمات ، فإذا كانت النقط ٣ ، ٥ ، ٦ نقط دوران للميزان وكان منسوب النقطة السادسة ١٦,٥٠ مترا تحت منسوب سطح البحر . والمطلوب حساب مناسيب باقي النقط بطريقتي منسوب سطح الميزان والارتفاع والانخفاض مع تحقيق الميزانية حسابية ثم ارسم قطاع طولي للميزانية بمقياس رسم مناسب علما بأن المسافات بين النقط متساوية = ٥٠ متر .

٨- الجدول الآتي يمثل مناسيب نقط على قطاعات أخذت أثناء إجراء ميزانية شبكية لقطعة أرض ، أبعادها ١٠٠ متر × ١٠٠ متر .

جدول رقم ( ٧٣ )

| القطاع \ النقطة | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | ١٢,٤ | ٨,٦ | ٩,٠٠ | ١٠,٢ | ١١,٦ | ١١,٢ |
| ب | ٨,٨ | ٩,٩ | ٩,٦ | ١٠,٦ | ٩,٧ | ٩,٩ |
| ج | ٧,٣ | ١٠,٧ | ٩,١ | ٩,٣ | ٨,١ | ٨,٦ |
| د | ٩,٦ | ٩,٨ | ٧,٦ | ٧,٢ | ٩,٦ | ١٠,٠٠ |
| هـ | ٨,٧ | ٨,٤ | ٨,٦ | ٩,٣ | ١١,٠٠ | ١١,٤ |
| و | ١٠,٩ | ١٠,٣ | ٧,٤ | ٩,٣ | ١٣,٢ | ١٣,١ |

والمطلوب رسم خريطة كنتورية لهذه الأرض بفاصل رأسي قدره متر واحد مبتدئا بخط كنتور ٥ متر بمقياس رسم ١ : ٥٠٠ علما بأن القطاعات مرتبة من أسفل إلى أعلى والنقط مرتبة من اليسار إلى اليمين .

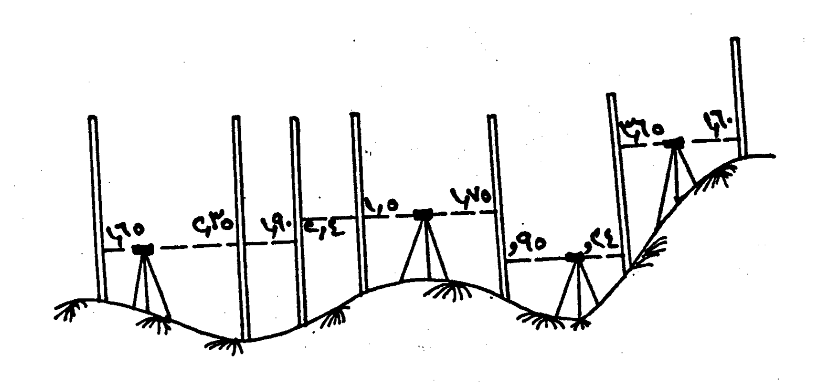
٩- أجريت ميزانية حول محيط قطعة أرض على شكل سداسي منتظم مساحته ٦٥٠٠م٢ وكانت القراءة الأولى على نقطة أ وهي أحد نقط رؤوس المضلع ونقطة أ روبير منسوبه ٢٠ متر والقراءات التالية ١,٦٥ ، (٣,٦٥) ، ٢,٧٥ ، (٣,٤٠) ، ٣,٥٠ ، (٢,٧٠) ، ١,٥٩ ، (٣,٣٠) ، ٢,٨٦ ، (٠,٩٩) ، ٣,٨٥ ، (٢,٦١) فإذا انتهت الميزانية على نفس الروبير وأن القراءات بين الأقواس مقدمات فأوجد مناسيب باقي رؤوس المضلع المأخوذ في اتجاه عقرب الساعة ثم أوجد قيمة الخطأ في الميزانية وبين هل هو مسموح به أم لا .

١٠- قيد الميزانية الاتية في دفتر الميزانية واستنتج مناسيب النقط مع العلم بأن منسوب أول نقطة ٢٥,٧٥ مترا وأن القراءات المدونة بين الأقواس مؤخرات والبعد بين كل نقطتين ٥٠ مترا ، والقراءات هي (١,١٨) ، ١,٩٥ ، ١,٧٦ ، ١,٩٢ ، (٣,١٥) ، ٢,٨٥ ، ١,٩٧ ، ١,٣٢ ، (١,٩٤) ، ١,٧٢ ، ١,٦٥ .

١١- أخذت القراءات الآتية في ميزانية ١,٨٩ ، ١,٧٦ ، ٢,٠١ ، ٣,٨٧، ١,٨٩ ، ١,٤٨ ، ٠,٤٧ ، ١,١٢ ، ٠,٠٤ ، ٢,٢٣ ، ٢,٥٥ ، ٠,١٤ ، ٣,٠٥ فإذا كانت النقطة الثالثة والخامسة والسادسة نقط دوران ومنسوب

النقطة الأخيرة (-٢,١٤) فما هي مناسيب النقط الأخرى مستعملا طريقة الارتفاع والانخفاض مع تحقيق العمل في جدول ميزانية كامل .

١٢- الكروكي الآتي عبارة عن قطاع طول لميزانية ، والمطلوب وضع قراءات القامة في جدول ميزانية كامل بطريقة منسوب سطح الميزان مع حساب منسوب كل نقطة علما بأن منسوب النقطة (٥) هي ١٦,٠٩ مترا مع رسم هذا القطاع بدقة بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠ ومقياس رأسي ١ : ٥٠ .



شكل رقم ( ١٧٨ )

١٣- الجدول الآتي يبين مناسيب نقط على قطاعات أخذت أثناء إجراء ميزانية شبكية لقطعة ارض على هيئة مثمن منتظم فإذا علمت أن القطاعات تبدأ من نقطة مركزية وفي اتجاه رؤوس المضلع وأن المسافات بين النقط متساوية كل ٢٠ متر ، والمطلوب رسم خريطة كنتورية لقطعة الأرض هذه بفاصل كنتوري ٠,٥ متر وبمقياس رسم ١ : ٢٠٠٠ .

ملحوظة منسوب النقطة المركزية ٢٥,٠٠ متر .

جدول رقم ( ٧٤ )

| النقطة / القطاع | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | ٢٤,٥٦ | ٢٤,٠١ | ٢٣,٥٠ | ٢٣,٠٠ | ٢٢,٩٢ | ٢٢,٠٠ | ٢١,٩٢ |
| ب | ٢٤,٦٥ | ٢٤,١٠ | ٢٣,٧٥ | ٢٣,١٠ | ٢٢,٨٥ | ٢٢,٤٠ | ٢١,٥٣ |
| جـ | ٢٤,٥٠ | ٢٤,٣٥ | ٢٣,٦٥ | ٢٣,٤٥ | ٢٢,٥٠ | ٢٢,٣٥ | ٢١,٧٢ |
| د | ٢٤,٥٠ | ٢٤,٢٥ | ٢٣,٩٠ | ٢٣,٣٩ | ٢٢,٦٥ | ٢٢,٤٥ | ٢١,٨٥ |
| ن | ٢٤,٧٢ | ٢٤,٤٤ | ٢٣,٨٠ | ٢٣,٢١ | ٢٢,٧٥ | ٢٢,٣٢ | ٢١,٦٥ |
| هـ | ٢٤,٨٣ | ٢٤,٣٣ | ٢٣,٥٠ | ٢٣,١٢ | ٢٢,٨٩ | ٢٢,٣٠ | ٢١,٧٦ |
| و | ٢٤,٦٤ | ٢٤,١٢ | ٢٣,٧٩ | ٢٣,٤٩ | ٢٢,٧٩ | ٢٢,٤٠ | ٢١,٩٤ |
| ي | ٢٤,٩٠ | ٢٤,٠٠ | ٢٣,٦٨ | ٢٣,٤٥ | ٢٢,٨٢ | ٢٢,٣٥ | ٢١,٥٥ |

١٤- في أرض غير ممهدة أخذت القراءات الآتية على النقط المطلوب إيجاد مناسيبها وكانت القراءات بين القوسين مؤخرات ، ولم يتيسر معرفة نقط لها منسوب معلوم إلا عند وصولنا لنقطة (جـ) والتي اخذت عليها المتوسطة الأولى في الوضع الثالث للميزان ، فإذا كان منسوب هذه النقطة هو ٥٠م تحت سطح البحر ، فما مناسيب النقط الأخرى مستعملا طريقتي الارتفاع والانخفاض ومنسوب سطح الميزان ، ١,٤٢ ، ٠,٠٨ ، ١,١٥ ، (٣,٩٥) ، ١,٧٦ ، (٣,٢٤) ، ٠,٠٢ ، ١,٦٩ ، (٣,٥٠) ، ١,٠١ ، ٠,٩٥ ، (٢,٤٤) ، صفر ، ١,٩٦ .

١٥- أخذت المناسيب الآتية على محور طريق يراد إنشاؤه بعرض ١٠ متر وميول جانبية ٢ : ٣ في الحفر والردم ، علما بأن المسافات بين النقط متساوية كل ٢٠ مترا .

جدول رقم ( ٧٥ )

| النقطة | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| المنسوب | ٢٧,٥٩ | ٢٨,١٣ | ٢٧,٧٢ | ٢٧,٥٠ | ٢٥,٢٣ | ٢٤,٧٩ | ٢٤,٦٢ |
| النقطة | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ | ١٣ | ١٤ |
| المنسوب | ٢٤,٩٢ | ٢٥,٣٥ | ٢٦,٢٩ | ٢٥,٩٠ | ٢٥,٠٠ | ٢٤,٦٠ | ٢٤,٦٥ |

فإذا كان منسوب إنشاء الطريق عند النقطة (١) ٢٧,٠٠ متر وينحدر إلى أسفل مسافة ١٠٠ متر بنسبة ١٠٠/١ ثم ينحدر بنسبة ٢٥٠/١ مسافة ١٠٠ متر أخرى ، ويصبح أفقيا المسافة المتبقية ، المطلوب : رسم قطاع طول لسطح الأرض والطريقة المقترح بمقياس رسم ١ :١٣٠٠ ومقياس رأسي ١ :١٠٠ وحساب كميات الحفر والردم .

١٦- الجدول التالي يبين مناسيب نقط أخذت على محور طريق يراد إنشـاؤه والمسافات بين النقط متساوية كل ٣٠ متر .

جدول رقم ( ٧٦ )

| النقطة | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| المنسوب | ٣٦,٩٢ | ٣٥,٤٣ | ٣٤,٧٨ | ٣٤,٩٢ | ٣٧,٨٢ | ٣٧,٧٨ |
| النقطة | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ |
| المنسوب | ٣٧,٢٥ | ٣٥,٢٢ | ٣٥,٠٥ | ٣٤,٦٨ | ٣٣,٤٠ | ٣١,٣٠ |

فإذا علم أن الطريق يبدأ بمنسوب ٣٥,٥ مترا عند النقطة (١) ويستمر أفقيا مسافة ١٢٠ مترا ثم ينحدر إلى أسفل باقي المسافة بنسبة ١ : ١٨٠ ، وأن عرضيه ٢٠ مترا وميوله الجانبية بنسبة ٣ : ٥ المطلوب رسم قطاع طولي لسطح الأرض والطريقة المقترح بمقياس رسم أفقي ١ : ١٠٠٠ ورأسي ١ : ٥٠ مع حساب كميات الحفر والردم اللازمة للمشروع .

١٧- أخذت القراءات الآتية لميزانية طولية على محور طريق (١,٢٠) ، ٣,١٧ ، (٣,٥٢) ، ٣,٠٩ ، (٠,٩٦) ، ١,٩٣ ، ٢,٩٣ ، ١,٠٧ ، (٠,٩٩) ، ٢,٦٩ ، (٠,٤٩) ، ٢,١٥ ، ٢,٣٩ ، ٣,٢٨ . القراءات بين الأقواس مؤخرات ، والمطلوب وضع هذه القراءات في جدول ميزانية كامل وحساب مناسيب النقط بطريقة منسوب سطح الميزان ، علما بأن منسوب النقطة الخامسة ٢٩,١٤ مترا . مع رسم قطاع بمقياس رسم مناسب إذا كانت المسافات بين النقط متساوية = ٣٥ متر .

١٨- القراءات الآتية اخذت أثناء عمل ميزانية طولية على محور طريق كل ٢٠ مترا ، فإذا كانت القراءات الرابعة والسابعة والتاسعة مقدمات ، وكانت النقطة الخامسة روبير منسوبه ١٠,٥٠ مترا . المطلوب وضع هذه القراءات في جدول ميزانية كامل مع حساب مناسيب باقي النقط بطريقة الارتفاع والانخفاض ٣,٦٥ ، ٢,٥٩ ، ١,٤٣ ، ٣,١٩ ، ٠,٨٧ ، ١,٩٧ ، ٠,٩٥ ، ١,٨٩ ، ٢,٨٩ .

١٩- القراءات الاتية اخذت أثناء إجراء ميزانية طولية على مسافات متساوية كل ٢٥ متر ٢,٩٢ ، ١,٩٥ ، ٠,٨٧ ، ٣,١٩ ، ١,٢٣ ، ١,٨٨ ، ٢,٣٩ ، صفر ، ٣,٢٩ ، ١,٣٩ ، والمطلوب وضعها في جدول ميزانية وحساب مناسيب النقط بطريقة منسوب سطح الميزان وتحقيق العمل الحسابي ، علما بأن النقطتين الرابعة والسابعة نقطتي دوران للميزان وأن النقطة الخامسة عبارة عن روبير منسوبه ١٥,٢ مترا .

# الفصل الأول

# المساحة التصويرية

**مقدمة :**

**أولاً : أنواع الصور الجوية .**

**ثانيا : مراحل المسح الجوى .**

**ثالثا : إعداد وتنفيذ خرائط المساحة الجوية .**

١- اختيار اتجاه الطيران .

٢- تحديد مقياس رسم الصور الجوية .

٣- ارتفاع الطيران .

٤- طول خط القاعدة .

٥- عدد خطوط الطيران ( أو عدد الشرائح ) .

٦- حساب عدد الصور اللازمة للمنطقة .

٧- تحديد أقصى مدة لسرعة فتح عدسة آلة التصوير .

٨- قياس الازاحة الناتجة بسبب اختلاف المناسيب .

**رابعا : الابصار المجسم .**

**خامسا : قياس الارتفاعات من الصور الجوية .**

**سادسا : رسم الخرائط من الصور الجوية .**



## مقدمة :

تعد المساحة التصويرية احدى طفرات العلم الحديث فى القرن الحالى ، حيث تمثل قفزة عالية فى المجال التطبيقى لعلوم المساحة ( فن تمثيل سطح الأرض ) ، ويمكن تعريف علم المساحة التصويرية بأنه علم القياس من الصور الجوية ، وكلمة Photogrammetry قد استنبطت أول الأمر بواسطة العلماء الألمان فى أواخر القرن التاسع عشر ( ١٨٩٢ ) وإن كان العلم نفسه أقدم من ذلك بكثير ، وهذه الكلمة تتكون من الكلمات الإغريقية ( Photo ) ومعناها ضوء ، grammmma ومعناها ( هذا الذى يرسم أو يكتب ) ، Metron ومعناها قياس ، أى أن الكلمات الأصلية كانت تعنى ( القياس من الرسم بواسطة الضوء ) ، ويجب أن نفرق هنا بين علم التصوير photography وعلم المساحة التصويرية photogrammmmetry فالأول هو فى مجال التصوير والتقنية الخاصة به ، بينما يشمل الثانى استخدامات الصور فى الأغراض المختلفة •

ويحتاج القيام بعمل الخرائط بطرق المساحة الأرضية العادية إلى وقت طويل ويتكلف مصاريف باهظة ، وقد يستحيل إتمام هذا العمل للمناطق التى تكون فيها طبيعة الأرض وعرة مليئة بالجبال والغابات أو المستنقعات ، لذلك كان من الضرورى الحصول على طريقة سريعة قليلة التكاليف لإتمام عملية الخرائط – وقد إتجه تفكير العلماء والمهندسين إلى عمل خرائط من واقع صور للمناطق تؤخذ لها من الجو بواسطة الطائرات ، وحديثا من الأقمار الصناعية ، حيث تؤدى هذه الأقمار دورا خطيرا فتمدنا بصور عن الأحوال الجوية اليومية وعن تحركات الثلوج فى الأماكن المختلفة ، وتستعمل صور الأقمار الصناعية أيضا بنجاح فى دراسة مشاكل التصحر وأماكن المياه الجوفية وحصر الزراعات المختلفة وأخيرا إنتاج الخرائط ذات المقاييس الصغيرة •

## تعريف المساحة التصويرية :

قامت الجمعية العلمية الأمريكية للمساحة التصويرية بتعريف المساحة التصويرية بأنه الفن والعلم والتقنية التى تبحث فى الحصول على المعلومات الوثيقة للمعالم الطبيعية والصناعية على سطح الأرض ، وذلك من خلال

تسجيل وقياس وقراءة الصور المأخوذة لهذه المعالم ، ويمكن تقسيم علم المساحة التصويرية من حيث أغراضه إلى قسمين أساسيين :

**أ – المساحة التصويرية المترية .**

**ب – المساحة التصويرية الوضعية .**

ويختص الفرع الأول وهو المساحة التصويرية المترية بالحصول على القياسات الدقيقة فى المستويين الأفقى والرأسى أى الحصول على البيانات وقياسات أفقية ، وكذلك فروق المناسيب والارتفاعات والمساحات والحجوم للأشياء الظاهرة فى الصور ، وذلك إما من الصور مباشرة أو بالحصول عليها بعد إنتاج خرائط من تلك الصور ، والاستعمال الأعم للصور هو استخدامها كوسائل لإنتاج خرائط تفصيلية أو طبوغرافية – وأغلب هذه الصور تكون صور جوية .

أما بالنسبة للمساحة التصويرية الوضعية فهى العلم الذى يختص بالتعرف على الأشياء ، وذلك من خلال القراءة البسيطة للصور أو التحليل والمقارنة ، ويأتى ذلك تحت فروع قراءة الصور والاستشعار من بعد ، ويمكن بواسطة الأنواع المختلفة لطرق الاستشعار من بعد الحصول على معلومات كافية لسطح وباطن الأرض ، وبيان معالمها ، وما بها من خامات وخلافه ، وقد تطورت هذه الأنواع وأصبحت هى المعول الأساسى لعلم الاستشعار من بعد الذى أصبح الركيزة الأولى فى أعمال التخطيط العام والهندسة البيئية والمجالات الشبيهة .

**تاريخ وتطور المساحة التصويرية ( ٣٥٠ ق ٠ م – ٢٠٠٠م ) :**

يرجع تاريخ استخدام الصور فى القياسات إلى عصر قديم جدا ( ٣٥٠ ق ٠ م ) حينما أشار إلى ذلك أرسطو ، وفى أوائل القرن الثامن عشر قام د ٠ بروك تايلور ومن بعده العالم لامبرت باقتراح استخدام المنظور فى تجهيز الخرائط ، وقد أنتجت أول صورة ذات قيمة علمية فى عام ١٨٣٩م ، حيث قام لويس داجور فى باريس بعملها .

وفى عام ١٨٤٠ م قدم الجيوديسى الفرنسى تقريرا عن إمكانية استعمال الصور فى المساحة الطبوغرافية والمساحة المستوية ، حيث يمكن تمثيل أجزاء من الأرض من واقع الصور المأخوذة لها .

ثم جاء لوزيداه المهندس فى الجيش الفرنسى وهو المعروف باسم رائد المساحة التصويرية وقام بمجهود كبير ليثبت أن التصوير يمكن أن يستعمل لعمل خرائط تصويرية ، ثم قام فى سنة ١٨٥٩م برسم خرائط لأجزاء من باريس بآلة تصوير معلقة من بالون بالجو ، ويعتبر هذا العمل أول إنجاز عملى لإنتاج الخرائط من الصور الجوية الرأسية •

وفى نفس الوقت قام العالم الإيطالى بإختراع آلة تصوير استعملت لتطبيق نظرية البانوراما وصور بها كل الـ ( Landscape ) الظاهر حول كل محطة أرضية ، ويعتبر هذا العمل من الانجازات الهامة فى مجال آلات التصوير وخاصة البانورامية •

وحوالى عام ١٩٠٠ م تقريبا أوجد الكابتن Theodor Sheimpflug بالجيش الإسترالى حلا لمسألة التصوير الجوى التى كانت عقبة أمام لويزيداه وهو كيفية تغطية المنطقة بواسطة آلة تصوير فى الجو فاستعمل آلة ذات ٨ عدسات معلقة فى سلة من بالون منها عدسة مركزية رأسية ، ٧ عدسات أخرى مائلة محيطة بها وقد وجدت فى منطاد زبلن الذى أسر فى فرنسا عام ١٩١٤م ، ويمكن اعتبار هذا العمل كأحد الخطوات الهامة فى موضوع زيادة المناطق المغطاه واحتوائها فى لقطة واحدة •

واستخدمت الطائرات لأول مرة فى عام ١٩١٣م فى الحصول على صورة جوية لاستخدامها فى مجال علم المساحة ، وذلك بغرض الحصول على خرائط طبوغرافية ، وكان لإختراع الطيران بواسطة الأخوين رايت ( ١٩٠٢م ) أثره الفعال فى إمكانية الحصول على الصور الجوية المناسبة ، وقد استخدمت فى بادئ الأمر فى الحرب العالمية الأولى لأغراض الاستكشاف العسكرى ، وتحديد أماكن تواجد مهمات وأسلحة الأعداء فكان استعمالها عسكرى بحت •

ثم تقدم فن المساحة التصويرية ببطء حتى كانت سنة ١٩٠٩م ، حيث طفر هذا الفن طفرة واسعة على أيدى ( Dr. pulfrich ) الالمانى الذى بدأ تجاربه فى استعمال أزواج الصور الاستريوسكوبية فى أعمال الخرائط وكانت هذه التجارب أساسا لمعظم أحدث الطرق التى تستعمل فيها الصور الاستريوسكوبية ، وقد اعتمد ( pulfrich ) على القياس عمليا بواسطة

العلامة العائمة والتى اكتشفها stolzs عام ١٨٩٢م ، واعتمد فيها على ظاهرة الابصار المجسم وإمكانية القياس من الصور المجسمة ، وذلك تأسيسا على نظريات الابتعاد .

وقد تقدم هذا العلم تقدما عظيما خلال الحرب العالمية الثانية وبعدها ، وطفر طفرات واسعة جدا ، وتعتبر المساحة الجوية اليوم أساسا لكل أنواع الخرائط ابتداء من الخرائط ذات مقياس الرسم الصغير إلى الخرائط التفصيلية جدا بما فيها من خطوط كنتور وتفاصيل ، كما فى المدن والمشروعات فضلا عن الأغراض الأخرى العديدة للمساحة ، وكذلك الأغراض غير المساحية مثل الأعمال الجيولوجية والأغراض الطبية وعلوم الزراعة والغابات .

وبجانب أجهزة التصوير العادية المستخدمة فى المساحة الفوتوغرافية تستخدم الآن وسائل حديثة وأجهزة متقدمة وتعتمد أساسا على استخدام خاصية الأهداف المختلفة على سطح الأرض لعكس الإشعاعات غير المرئية ، وذلك باستخدام موجات الرادار واللاسلكى والأشعة تحت الحمراء ، فبعد إرسال مثل هذه الموجات إلى الأهداف الأرضية واستقبالها وتسجيلها بعد انعكاسها بطرق عديدة ويعرف هذا الأسلوب فى التصوير بعلم الاستشعار من بعد أو الاستكشاف الجوى ، وتعتبر هذه الطرق من أحدث الوسائل للحصول على معلومات أرضية ، لا يمكن الحصول عليها بواسطة التصوير الجوى العادى .

وعلى سبيل المثال يمكن أخذ صور جوية لمنطقة معينة بواسطة آلة تصوير متعددة العدسات ، وتقوم هذه الآلة بالحصول على صور عديدة لنفس المنطقة فى مجالات طيفية مختلفة ، فمثلا يمكن الحصول على أربعة صور لمنطقة واحدة فى أربعة مجالات طيفية من الضوء – الأزرق – الأحمر – والأشعة تحت الحمراء القريبة وبذا يمكن الحصول على أكبر قدر من المعلومات عن المنطقة ، كما يمكن إعداد تمثيل رقمى لطبوغرافية الأرض من واقع الصورة .

ومن هذه المعلومات والصور الدقيقة يمكن إعداد الخرائط المناسبة لمختلف الأغراض ، وحديثا تستعمل صور الأقمار الصناعية فى

اعداد الخرائط ذات مقياس ١ : ٥٠٠٠٠ لأغراض التخطيط العام للمشاريع المختلفة ٠

وقد ساعد على تطور علوم المساحة التصويرية الجوية والاستشعار من بعد انتشار استخدام نظام التثبيت بالأقمار الصناعية ونظم المعلومات الجغرافية والخرائط الرقمية والتى تمثل طفرة عالية فى المجال المساحى ٠

## أجزاء آلة التصوير الجوى :

وهى تشبه فى تركيبها إلى حد كبير آلة التصوير العادى وتشمل : -

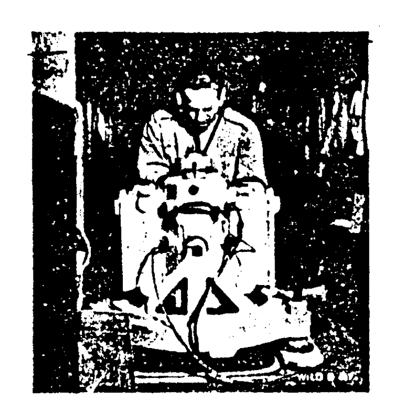
( ١ ) مخزن الفيلم : ويوجد فيه الفيلم الحساس ( اللوح السالب ) يدور على بكرتين داخل المخزن ، أحداهما تحوى الفيلم قبل التصوير والثانية يلف حولها بعد أخذ الصورة ٠

( ٢ ) جسم الآلة : ويوجد فيه الأجزاء الميكانيكية والكهربائية الخاصة بالآلة والتى تساعد فى بعض الوظائف الخاصة بآلة التصوير الجوى ، وهو يصل بين المخروط وخزان الفيلم ٠

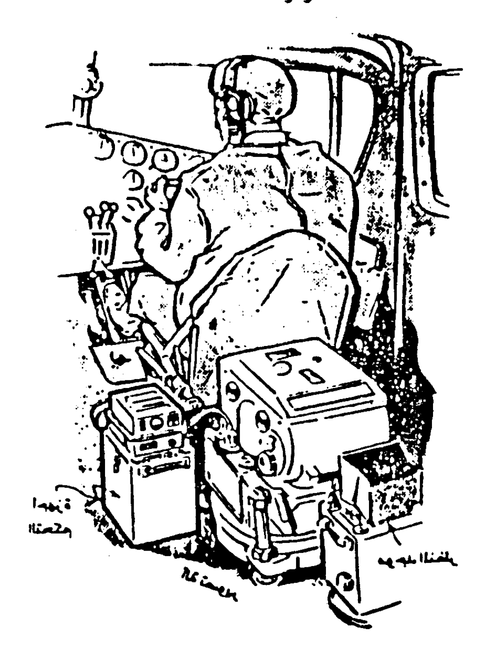
( ٣ ) مخروط الآلة : يصنع من معدن ذى معامل تمدد حرارى صغير حتى يحفظ النسبة بين العدسات واللوح السالب ثابتة فى جميع درجات الحرارة المختلفة ، ووظيفته الأساسية هى تثبيت مجموعة العدسات على مسافة من الفيلم الحساس تساوى البعد البؤرى لها ، وكذلك يعمل على توزيع الأشعة الضوئية الداخلة بانتظام على جميع أجزاء اللوح السالب بدلا من تركيزها كلها فى نقطة واحدة ٠

( ٤ ) مجموعة العدسات وملحقاتها : العدسات المستخدمة فى آلات التصوير الجوى تكون ذات جودة وشفافية عالية لدرجة كبيرة وخالية من عيوب التشويه ، ويمكن أن تكون عبارة عن عدسة واحدة أو مجموعة من العدسات المقعرة والمحدبة ويوجد معها ٠

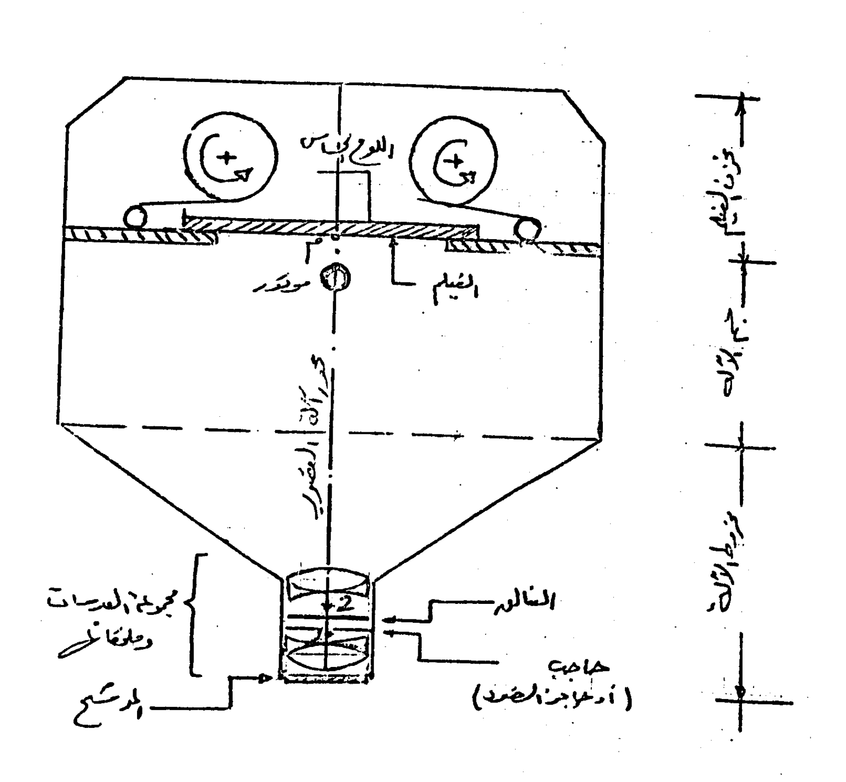
( أ ) حاجب الضوء : هو عبارة عن قرص معدنى له فتحة متغيرة القطر ( ق ) يتوقف مقدار قطر ( مساحة ) الفتحة على كمية الضوء الداخلة للفيلم ، أى أن حاجب الضوء هو المسئول الأول عن كمية الاضاءة الداخلة للفيلم ٠



آلة التصوير مثبتة فى أرضية الطائرة



كروكى لآلة التصوير وملحقاتها



الفيلم
موتور
محور آلة التصوير
مجموعة العدسات والحلقات
حاجب
(أو حاجز الضوء)
المرشح
مخزن الفيلم
جسم الآلة
مخروط الآلة

( ب ) الفالق : هو عبارة عن قرص معدنى مصمت يتحكم فى زمن فتح العدسة بحيث تظل كمية الإضاءة الداخلة للفيلم ثابتة حسب فتحة حاجب الضوء .

( جـ ) المرشح الضوئى : هو عبارة عن قرص زجاجى ملون يوضع أمام مجموعة العدسات ليعمل على حجز الأتربة عن مجموعة العدسات ، وكذلك يعمل على حجب أى أشعة ضوئية غير مرغوب فى دخولها داخل آلة التصوير ، وعند استخدام مرشحات ضوئية أمام مجموعة العدسات يجب زيادة زمن فتح العدسة ، وذلك بضربه فى معامل زيادة يتوقف على لون المرشح المستخدم ، فإذا كان لون المرشح أصفر يضرب فى ١,٥ ، واذا كان لون المرشح داكن يضرب فى ٢ ، أما إذا كان لون المرشح أحمر يضرب فى ٤ .

## الصورة الجوية والخريطة :

والمساحة التصويرية أو الفوتوجرامترى معناها فن أو علم القياس من الصور بدقة كافية لتعيين مواقع النقط على سطح الأرض بعضها بالنسبة لبعض وأبعاد الأشياء والأهداف وعمل الأنواع المختلفة للخرائط وخطوط الكنتور وبيان المعالم الطبيعية والصناعية عليها ، والصورة تعتبر كقطاع ناتج من تقاطع مستوى مع حزمة من الأشعة صادرة من نقطة الهدف ، بينما تعتبر الخريطة كقطاع أفقى ناتج من تقاطع مستوى أفقى مع أشعة إسقاط عمودية على هذا المستوى .

هذا وبتقدم علوم الحاسب الالكترونى أمكن الاستعاضة عن إنتاج الخرائط بأخذ احداثيات تصويرية من الصور المختلفة وتحويلها إلى احداثيات أرضية بطريقة التثليث الجوى الموحد ، حيث يمكن تمثيل المناطق المختلفة تمثيلا رقميا بأبعاده الثلاثة – وبذا يمكن تمثيل سطح الأرض تمثيلا دقيقا فى أشكال ميكروفيلمية وتسجيلات الكترونية واستيعاب أجزاء كبيرة جدا من هذه المناطق فى سجلات محدودة ، وهكذا يمكن الاستغناء عن الطرق التقليدية لانتاج الخرائط من الصور ، حيث كانت التكلفة باهظة .

## أقسام المساحة التصويرية :

١-المساحة التصويرية الأرضية : تؤخذ الصور فيها من آلة تصوير فوق حامل مثبت على الأرض فى نقطة معلوم احداثياتها وقت التصوير ، ويكون المحور البصرى للآلة أفقيا فى هذه الحالة ، وقد بدأ استعمال هذا النوع من الناحية العملية حوالى سنة ١٨٧٠م .

٢- المساحة التصويرية الجوية : تؤخذ الصور فيه وآلة التصوير معلقة بأسفل طائرة أو لون وموضع العدسة عند التقاط الصور غير معلوم الضبط ، والمحور البصرى يكون إما رأسيا أو مائلا ، وهى أحدث طرق المساحة وربما أكثرها أهمية في الوقت الحاضر ، ويقصد بها رفع منطقة من الأرض مساحياً بواسطة التصوير الجوي ، حيث تؤخذ الصور من الجو بواسطة آلات تصوير خاصة مثبتة في طائرات خاصة مجهزة لهذا الغرض .

وتظهر أهمية المساحة الجوية في توفير الوقت الكبير الذي كانت تستغرقه المساحة الأرضية بطرقها المختلفة ، وما تتطلبه من جهد كبير وتكاليف باهظة وخاصة في المناطق الشاسعة أو التي يصعب الوصول إليها ، أو الأراضي الوعرة ، أو الأراضي المغطاة بالغابات أو المستنقعات ، وتستخدم المساحة الجوية في إنشاء كافة أنواع الخرائط الطبوغرافية والكنتورية والجيولوجية وخرائط الطبيعة الأرضية ( الجيوفيزائية ) ، كذلك تستخدم في إنتاج خرائط أنواع الترىات ، ومصادر المياة ، وأنواع المحاصيل المزروعة ، والكشف عن المعادن ، كما تستخدم في إنشاء خرائط دقيقة لمواقع المشروعات الهندسية الكبيرة مثل السدود والخزانات والكباري والجسور وغيرها ، هذا فضلاً عن استخدامها في الأغراض الحربية مثل تصوير أماكن وجود القوات العسكرية ومعرفة أعدادها وكيفية توزيعها وأسلحتها ومخازن الذخيرة ومهابط الطائرات ، والتعرف على نتائج الغارات الجوية .. . الخ . كما يفيد التصوير الجوي في التعرف على أماكن اختباء المخربين في المناطق التي يصعب الوصول إليها ، فالصورة الجوية تعطينا وصفاً حقيقياً ودقيقاً لكل ما على سطح الأرض من ظاهرات طبيعية أو بشرية .

وفيما يلى بعض المجالات التى أصبحت تعتمد فى أبحاثها وأعمالها على دراسة الصور الجوية :

- ❁ الأبحاث الجغرافية المختلفة ، سواء كانت طبيعية مثل الجيومورفولوجيا أو البشرية مثل استخدامات الأرض.
- ❁ الأبحاث الجيولوجية المختلفة.
- ❁ المساحة الجوية تستخدم فى عمل خرائط لمواقع المشاريع الهندسية الكبيرة كالخزانات والسدود وهندسة السكك الحديدية والعمل فى الموانى وإنشاء الطرق ٠
- ❁ عمل خرائط طبوغرافية بفترات كنتورية قد تصل إلى ٢٠ سم ، وفى حصر أنواع الزراعات وتحديد مساحة كل نوع ٠
- ❁ لها أهمية كبرى فى العمليات الحربية إذ أنها تزود الجيوش بخرائط مساحية يمكن بها معرفة أماكن تجمعات العدو ، ومواقعه وتخزين الذخائر والطائرات الرابضة فى المطارات ، ومعرفة طبيعة الأرض فى المنطقة لتحديد الرماية وتحركات القوات ونتائج الغارات الجوية ٠
- ❁ عمل الخرائط الجيولوجية ودراسة تكوين الأرض وأبحاث مصادر المياه والفيضانات والزلازل وفى أبحاث الجيوفيزياء ٠
- ❁ حصر أنواع الزراعات المختلفة وهذه لها أهمية اقتصادية كبيرة فى عمليات التخطيط ، وهذه العملية كانت تستغرق وقتا كبيرا جدا بالطرق العادية ٠
- ❁ دراسة أنواع التربة وأمراض المحاصيل وصيانة الأراضى ومعرفة كثافة الثروة الحيوانية ٠
- ❁ علاوة على ما سبق فإن الصور الجوية تعطينا صورا حقيقية لسطح الأرض تدلنا على الأماكن التى تأوى إليها العصابات فى الجبال والزراعات الكثيفة ، وقد استخدمت هذه الصور أخيرا فى معرفة مخابئ أخطر العصابات فى الصعيد فى زراعة القصب وأدت إلى القبض عليها ٠

❃ تستعمل كوسيلة للحصول على خرائط لمواقع الحوادث وتصوير كثافة ازدحام المرور فى الأوقات المختلفة لتصميم الطرق .

❃ فى الطب لعمل القياسات الاستريوسكوبية الدقيقة على جسم الانسان خاصة بواسطة الأشعة السينية لتشخيص الأمراض والعلاج وإجراء العمليات الجراحية ، وتعيين مواضع الأجسام الغريبة فى جسم الانسان ، كالشظايا والرصاص والأورام السرطانية والكسور وخلافه .

❃ وعلى العموم هناك استعمالات أخرى كثيرة مثل علم المحيطات والأرصاد الجوية والعمارة حتى فى أعمال تفصيل الملابس ، هذا فضلا عن دراسات الفضاء ودور المساحة الجوية فيها فى المستقبل ، فقد صور الجانب المظلم من القمر وأعطيت معلومات فائقة الأهمية عنه .

وبالرغم من أن العمل فى الغيط قليل نسبيا فى المساحة التصويرية إلا أن العمل المكتبى المطلوب كثير ، وسوف نتكلم فى هذا القسم عن المساحة الجوية الفوتوغرافية فقط إذ أنها هى السائدة الآن .

**أقسام المساحة الفوتوغرافية من حيث القياس :**

أ - المساحة الفوتوغرافية من الصور الواحدة : خلاصتها استنتاج أبعاد الجسم الموصود من صورة واحدة له ، ومعلوم مكان التصوير فيها بالضبط ، وكذا أبعاد رأسية أو أفقية لأشياء ظاهرة بالصورة .

ب - المساحة الفوتوغرافية بالتقاطع : وهى عمل صورتين من مكانين مختلفين لنفس الجسم ومعلوم مكان التصوير ، وهى تشبه عملية التقاطع بالبلانشيطة .

جـ - المساحة الفوتوغرافية المجسمة : وفيها تؤخذ أبعاد الجسم المرسوم من صورتين له ، عملتا بشرط أنهما يوافقان الأبعاد المجسمة .

## أولا : أنواع الصور الجوية :

### ١- باعتبار وضع الطائرة لحظة التصوير:

تجدر الإشارة إلى أن الطائرة قد لا تستطيع الاحتفاظ بوضعها الأفقي تماماً أثناء التقاط الصور الجوية ، وذلك لتأثرها بالظروف الجوية التي تواجهها أثناء الطيران ، لذلك فإن الصور الجوية الناتجة تنقسم إلى :

**[أ] الصور الرأسية:** Vertical Arial Photographs

حيث تكون الطائرة ، وبالتالي آلة التصوير – في مستوى أفقي تماماً أو يكاد يكون أفقيا بحيث لا تتعدي درجة ميلها ٤° عن المستوى الأفقي ، وفي هذه الحالة يكون المحور البصري لآلة التصوير رأسياً ، أو قريبا من الاتجاه الرأسي ، وتكون الصور في هذه الحالة أفضل الصور على الاطلاق ، وهذا النوع من الصور الجوية هو المستخدم في أغراض المساحة الجوية وإنشاء الخرائط التي تتطلب دقة فائقة .

**[ب] الصور المائلة :** Oblique Arial Pgoto

وهى تؤخذ ومحور آلة التصوير مائلا بزاوية ما بالنسبة للاتجاه الرأسى فإذا ظهر خط الأفق أو خط تقابل سطح الأرض مع السماء سميت الصورة شديدة الميل ، أما إذا لم يظهر خط الأفق فى الصورة سميت قليلة الميل ، ويفضل استعمال المائلة فى الأراضى المستوية ، وحيث تظهر مساحة كبيرة من سطح الماء فى الصور ، والصورة المائلة تغطى مساحة من سطح الأرض أكبر كثيرا مما تغطيها الصور الرأسية ، ومن ثم فإن استعمال الصور المائلة يوفر كثيرا من النفقات إذا كانت الظروف مناسبة لاستعمال هذا النوع من الصور ، ولكنها لا تستعمل فى عمل الخرائط الدقيقة وإنما تستعمل مثلا فى الخرائط الاستكشافية التى لا تتطلب دقة كبيرة وفى المساحات الشاسعة التى لا يمكن الوصول إليها نسبيا ٠

وعلى العموم التصوير بقليل الميل يستعمل بنجاح فى الأغراض الحربية وفى حالات كثيرة لعمل الخرائط ، والميزة الأساسية لهذا النوع أنه يغطى مساحة واسعة من الأرض فهى تغطى تقريبا ٢,١٢ من المساحة

المغطاه بواسطة الصور الرأسية ، إذا كان ارتفاع الطيران لم يتغير ، وعيبه هو عدم ظهور معالم التصوير فى الايجابيات واختلاف مقياس الرسم وصغره النسبى فى جزء الصورة الذى يمثل المساحة البعيدة عن آلة التصوير ، وعموما يمكن القول أنه :

١- كلما زاد ميل آلة التصوير ، كلما زادت المساحة التي تظهر الصورة .

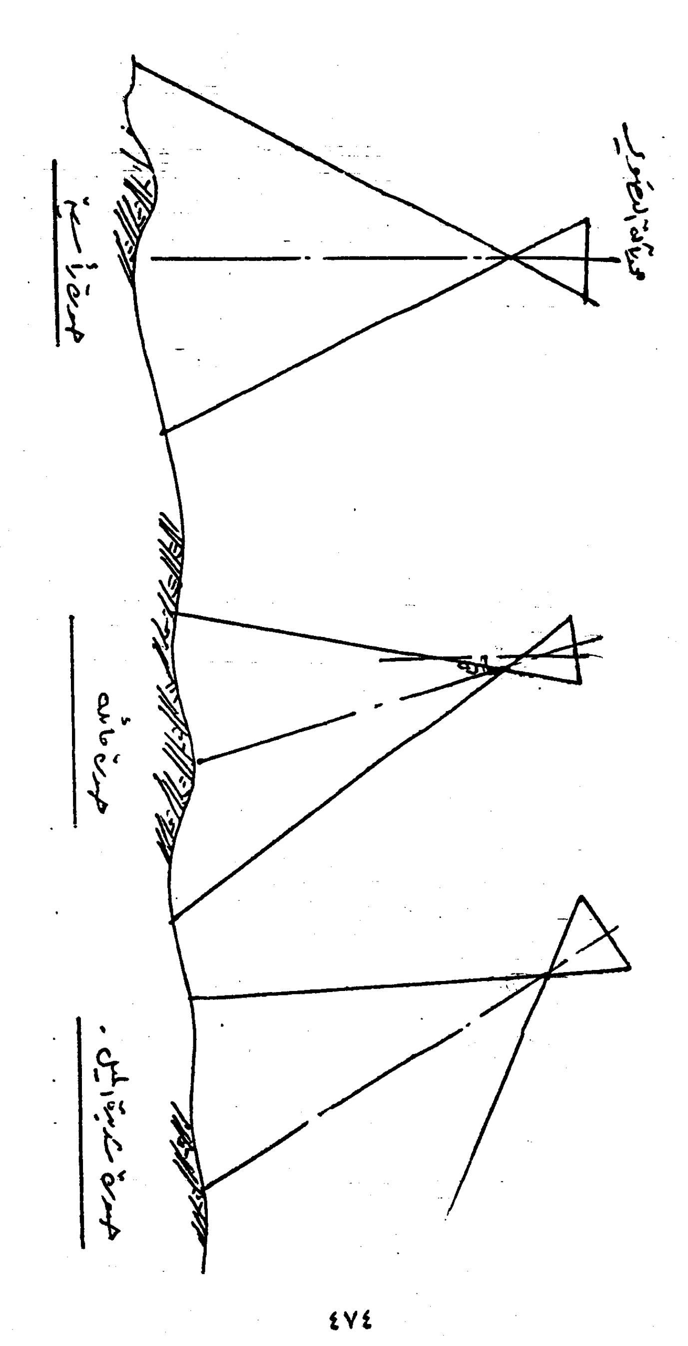
٢- يزداد تشوية مقياس الرسم كلما زاد ميل آلة التصوير ، إذ يزداد صغر مقياس الرسم في اتجاه الميل .

٣- مساحة المنطقة التي تظهر في الصورة الرأسية مربعة الشكل ، بينما تتحول إلى شبه منحرف في الصورة المائلة ، ويزداد الفرق بين طولي القاعدتين المتوازتين كلما زاد هذا الميل .

٤- تظهر النقطة التي تم التصوير منها منطبقة على مركز الصورة الرأسية ، بينما تظهر منحرفة عن المركز في الصورة المائلة ، ولا تظهر إطلاقاً في الصورة شديدة الميل إذ يكون مسقطها الرأسي خارج نطاق الصورة .

ومن ثم فإن استعمال الصور المائلة ( والتي لا تزيد درجة الميل فيها عن ٣٠° يوفر كثير من النفقات والجهد ، إذا توافرت الظروف المناسبة لاستعمال هذا النوع من الصور مثل استواء سطح الأرض أو وجود مساحات مائية كبيرة ، ولكنها لا تستخدم في إنتاج الخرائط الدقيقة وإنما تستخدم في الخرائط الاستكشافية التي تتطلب دقة كبيرة ، وفي المساحات الشاسعة التي لا يمكن الوصول إليها ، كما تستخدم في الأغراض العسكرية ، أما الصور شديدة الميل ، فتقل فائدتها كثيراً كلما زادت درجة الميل ، ولا يمكن استخدامها في إنتاج الخرائط مهما قلت الدقة المرغوبة فضلاً عن صعوبة قراءتها.

وهناك طرق لقياس درجة الميل في كل صورة ، بحيث يمكن تصحيحها للحصول على صور رأسية باستخدام أجهزة ضبط بسيطة التركيب تسمى أجهزة تعديل الصور Auto Focusing Rectifier .


عدسة آلة التصوير
صورة رأسية
صورة مائلة
صورة شديدة الميل .

[جـ] الصور الممالة :

وهى تؤخذ ومحور آلة التصوير مائلا بزاوية ما بالنسبة للاتجاه الرأسى أثناء التقاط الصورة ، وفى هذا النوع نتعمد إمالة المحور للحصول على تغطية أكبر من سطح الأرض للصورة الواحدة وهى نوعان :

أ – الصورة شديدة الميل : إذا ظهر خط الأفق ، أو خط تقابل سطح الأرض مع السماء سميت الصورة شديدة الميل ٠

ب – الصور القليلة الميل : إذا لم يظهر خط الأفق فى الصورة سميت قليلة الميل ، ويفضل استعمال الصور المائلة فى الأراضى المستوية ، وحيث تظهر مساحة كبيرة من سطح الأرض فى الصور ، والصورة المائلة تغطى مساحة من سطح الأرض أكبر كثيرا مما تغطيها الصورة الرأسية ٠

## ٢– تصنيف الصور الجوية على أساس زاوية عدسة آلة التصوير :

من المعروف أنه كلما كبرت زاوية عدسة آلة التصوير كلما زاد مجال الرؤية فضلا عن تناقص البعد البؤري لها مع ثبات أبعاد الفيلم الحساس الذي يمثل الصورة السلبية ، وتستخدم في آلات التصوير الجوي عدسات ذات اتساع يتراوح بين ٦٠° ، ١٢٠° ويتزايد مجال الرؤية وبالتالي المساحة التي يتم تصويرها كلما كبرت زاوية العدسة ، باعتبار أن الآلتين على ارتفاع واحد من سطح الأرض ، وذلك على حساب مقياس الرسم الناتج في الصورة والذي يزداد صغره كلما كبرت زاوية العدسة . ويستخدم كل نوع من آلات التصوير ذات العدسة المختلفة في مجال رؤيتها في أغراض وظروف معينة ، وفيما يلي أنواع الصور الناتجة من كل نوع من هذه العدسات ( محمد فريد فتحى ، ١٩٩٥م : ص ٤١٩ ) .

**أ– العدسات ذات الزوايا العادية :**

**وتتراوح فيها زاوية العدسة بين ٦٠° ، ٨٠° بعدها البؤري حوالي ٢١ سم ( إذا كانت أبعاد الفيلم الحساس ١٨ × ١٨ سم ) وتستخدم مثل هذه الآلات في تصوير المناطق المطلوب إنشاء خرائط دقيقة لها وتفصيل الظاهرات التي تظهر فيها ، وذلك بإنتاج الصور ذات مقياس رسم كبير ، واضحة المعالم ، حيث تقل فيها الازاحة بسبب اختلاف المناسيب على سطح الأرض .**

ب- العدسات ذات الزوايا الواسعة :

حيث تبلغ زاوية العدسة ما بين ٨٠ - ١٠٠° وبعدها البؤري حوالي ١١ سم ( إذا كانت أبعاد الفيلم ١٨ × ١٨ سم ) . وتنتج صوراً ذات مقياس رسم صغير نسبياً ، تستخدم في انشاء الخرائط الطبوغرافية متوسطة المقياس .

جـ- العدسات ذات الزوايا الواسعة جداً Super Wide Angles

وهي التي يزيد مجال رؤيتها عن ١٢٠° وتصل في بعض آلات التصوير الحديثة ١٤٠° ، وبعدها البؤري حوالي ٧ سم ( إذا كانت أبعاد الفيلم ١٨ سم × ١٨ سم ) وتنتج صوراً ذات مقياس رسم صغير ، ولا تظهر فيها المعالم الصغيرة بوضوح ، وتستخدم مثل هذه الصور في إنشاء الخرائط الصغيرة المقياس قليلة التفاصيل .

وجدير بالذكر أن أبعاد الفيلم في معظم آلات التصوير تتراوح فيما يلي :

| | |
|---|---|
| ١٤ × ١٤ سم | وهي قليلة الاستخدام |
| ١٨ × ١٨ سم | أكثر الأفلام شيوعاً في كل أنحاء العالم . |
| ٢٤ × ٢٤ سم | وتعتمد عليها معظم أنواع آلات التصوير . |
| ٣٠ × ٣٠ سم | تستخدم في بعض الأغراض الخاصة . |

## ٣- تصنيف الصور الجوية على أساس مقياس رسم الصور الجوية :

يعتمد مقياس رسم الصورة الجوية الرأسية وأبعاد المساحة للمنطقة التي تغطيها ، على البعد البؤري لآلة التصوير من ناحية ، وعلى الارتفاع الذي أخذت منه الصورة - أي ارتفاع الطائرة عن متوسط مستوى الأرض من ناحية أخرى ، فكلما زاد الارتفاع ازدادت المسافة المغطاة بالصورة ، كذلك الحال كلما صغر البعد البؤري لآلة التصوير.

ويبن المقياس عادة في شكل كسر اعتيادي ( $\frac{ف}{ع}$ ) أو على شكل نسبة ( ف : ع ) حيث ف تساوي البعد البؤرة لآله التصوير ، ع ارتفاع آلة التصوير أي ارتفاع الطيران عن متوسط منسوب سطح الأرض ، فمثلا إذا كان البعد البؤري = ١٢ بوصة وارتفاع الطائرة عند التصوير ٢٠,٠٠٠ قدم فوق متوسط مستوى سطح الأرض فإن مقياس رسم الصورة ١ : ٢٠,٠٠٠ .

وينبغي أن نشير إلى أن مقياس رسم الخرائط الطبوغرافية والكدسترالية ( التفصيلية ) يتناسب مع مقياس رسم الصور الجوية تناسباً طردياً ، وهذا يعني أن هناك اختلاف بين مقياس رسم الصورة ومقياس رسم الخريطة المنشأة منها .

ويتبع العلاقة بين مقياس رسم الخرائط ومقياس رسم الصورة المعادلة الآتية

$$م = ث \sqrt{م^-}$$

حيث

م : مقام مقياس الرسم الكسري أو الطرف الأيسر لمقياس الرسم النسبي للصورة الجوية .

ث : يتغير حسب ظروف التصوير ، ويتراوح بين ٢٥٠ في ظروف التصوير العادية و ٢٠٠ فى ظروف التصوير غير المناسبة .

م- : مقام مقياس الرسم الكسرى أو الطرف الأيسر لمقياس الرسم النسبي للخريطة المنشأة من الصورة .

ويبين الجدول التالي القيم المختلفة لمقياس رسم الخرائط وما يقابلها من مقياس رسم الصور الجوية الرأسية .

| مقياس رسم الخريطة | مقياس رسم الصورة الجوية | |
|---|---|---|
| | ظروف تصوير عادية | ظروف تصوير غير عادية |
| ١ : ١٠٠٠ | ١ : ٦٥٠٠ | ١ : ٨٠٠٠ |
| ١ : ٢٠٠٠ | ١ : ١١٠٠٠ | ١ : ٩٠٠٠ |
| ١ : ٥٠٠٠ | ١ : ١٧٥٠٠ | ١ : ١٤٠٠٠ |
| ١ : ١٠٠٠٠ | ١ : ٢٥٠٠٠ | ١ : ٢٠٠٠٠ |

ولذلك تصنف الصور الجوية تبعاً لمقياس رسمها ومقياس رسم الخرائط المنشأة منها إلى ما يلي :

**[أ] صور جوية صغيرة المقياس :** ومقياس رسمها أصغر من ١ : ٥٠,٠٠٠ وتستعمل في إنتاج الخرائط الطبوغرافية التي يقل مقياسها عن ١ : ٢٥,٠٠٠ إلى ١ : ٥٠,٠٠٠ ، كما تستخدم مثل هذه الصور في الدراسات الاستكشافية السريعة .

[ب] صور جوية متوسطة المقياس : ويتراوح مقياس رسمها بين ١ : ٢٥,٠٠٠ ، ١ : ٥٠,٠٠٠ ، وتستخدم في إنشاء الخرائط الطبوغرافية فيما بين مقياس ١ : ١٠,٠٠٠ ، ١ : ٢٥,٠٠٠ ، كما تستخدم في دراسات تخطيط المدن والطرق والسكك الحديدية ، وتعتبر الصور الجوية ذات المقياس ١ : ٢٠,٠٠٠ من أنسب الصور للدراسات الجيومورفولوجية والجيولوجية واستخدام الأرض.

[جـ] صور جوية كبيرة المقياس : مقياس رسمها أكبر من ١ : ٢٥,٠٠٠ وقد يصل إلى ١ : ٥٠٠٠ ، وتستخدم في إنشاء الخرائط التفصيلية ( الكدسترالية ) وخرائط تفريد المدن ، وفي الدراسات التفصيلية لمواقع المشروعات الهندسية والصناعية ، وحركة المرور على الطرق وتحديد الأهداف المطلوب دراستها بدقة وغير ذلك من دراسات وهي تنتج خرائط يتراوح مقياس رسمها بين ١ : ١٠,٠٠٠ ، ١ : ٥٠٠ .

## ثانيا : مراحل المسح الجوي :

هناك طرق متعددة لاعداد الصور الجوية ، وهو ما يمكن أن نسميه "المساحة الجوية " وهذه الطرق والأساليب تختلف باختلاف الهدف أو الغرض من هذا المسح ، فإذا كان الغرض هو إنتاج خرائط بمقاييس رسم مختلفة ، استلزم الأمر استخدام أنواع خاصة من آلات التصوير ، وكذلك الأفلام تختلف باختلاف مقياس الرسم المطلوب ، وهذه تختلف عن تلك التي تستخدم في إنتاج صور جوية بأغراض أخرى مثل الاستكشاف أو حصر وتصنيف الأراضي ، وغيرها من الدراسات التي تعتمد على الصور الجوية ، وكما تختلف آلات التصوير المستخدمة فإن إعداد خطة الطيران وارتفاع الطائرة وسرعة فتح عدسة آلة التصوير وغيرها من النواحي الفنية الأخرى تختلف تبعاً للغرض المطلوب من المسح الجوي .

ولما كانت دراستنا تهتم بالصورة الجوية اللازمة لإنتاج الخرائط والدراسات الجغرافية بصفة عامة ، لذا كان من الأوفق الاشارة إلى كيفية القيام بالمساحة الجوية اللازمة لإنتاج هذه الخرائط ، وهي بصورة عامة أوفى وأدق الطرق المستخدمة ، بالمقارنة مع الطرق الأخرى التي قد تقل في دقتها أو تختصر في إجرائها بعض العمليات ، وفيما يلي المراحل التى تمر بها عملية المسح الجوى :

## ١ - إعداد خطة الطيران :

يبدأ مشروع المسح الجوي بدراسة الخرائط التي تظهر فيها المنطقة المطلوب تصويرها جوياً ، ويتم توقيع حدود المشروع عليها ودراسة مناسيب سطح الأرض في المنطقة ، وتحديد الظواهر الرئيسية فيها سواء كانت طبيعية مثل قمم الجبال ، أو التلال ، أو الأودية ، أو الروافد النهرية وغيرها والظاهرات البشرية ، مثل القرى ، والمدن ، والطرق ، والكباري ، والمنشآت وغيرها .

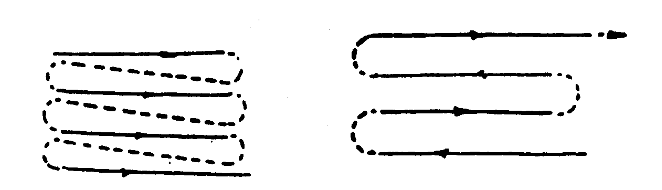
وبالاضافة إلى ذلك يتم حساب ارتفاع الطيران والمسافة بين كل صورة والتي تليها وعرض شرائح الطيران ، تبعاً لمقياس الرسم المطلوب ، ونوع آلة التصوير المستخدمة ، ومقدار التداخل الطولي والجانبي المطلوب .

ومن هذه الدراسات يتم تعيين خطوط الطيران على الخريطة على شكل محاور لشرائح متوازية ، ويتم اتخاذ إحدى طريقتين للطيران على هذه المحاور .

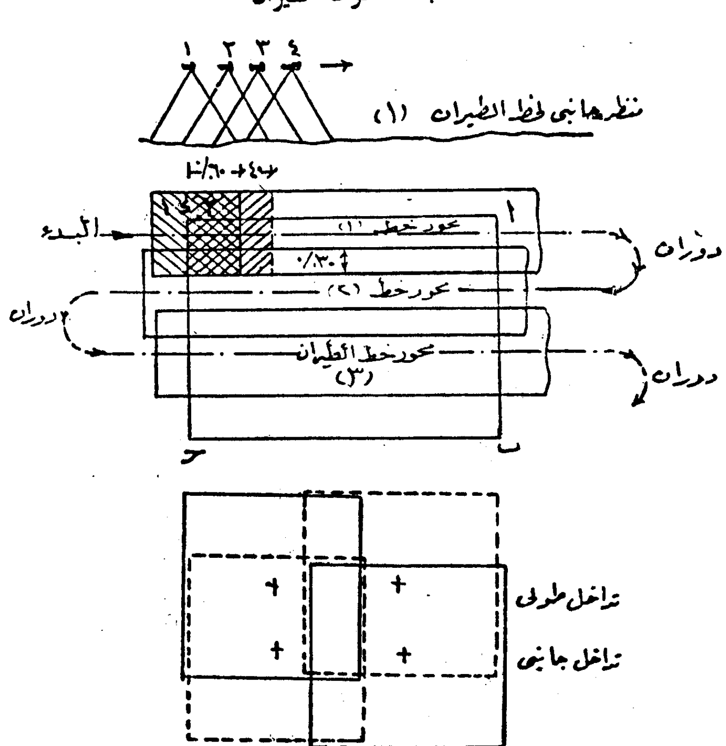
[أ] **الطيران في اتجاه واحد** : وتفضل هذه الطريقة بالرغم من أنها تستغرق وقتا أطول وذلك للحصول على تتابع ثابت للصور ، حيث تكون الطائرة في اتجاه واحد أثناء الطيران على هذه المحاور ، وبالتالي فإنها تخضع لظروف واحدة من ناحية حركة التيارات الهوائية التي تؤثر عليها وخصوصاً في حالة ما إذا كانت الطائرة على ارتفاع أقل من عشرة آلاف قدم ، وكذلك زاوية ميل الشمس وانعكاس أشعتها ...الخ .

[ب] **الطيران ذهاباً وإيابا** : وهذه الطريقة أقل تكلفة وأقصر وقتاً من الطريقة السابقة ويمكن اللجوء إليها في حالة استقرار الظروف الجوية وثباتها خصوصاً إذا كانت الطائرة على ارتفاع يزيد عن عشرة آلاف قدم .

ويجب على قائد الطائرة أن يحتفظ بالطائرة أفقية في اتجاه الطيران وفي الاتجاه الجانبي مع ثبات سرعتها وارتفاعها أثناء الطيران والتصوير ، وجدير بالذكر أن آلات التصوير الحديثة مزودة بأجهزة للتحكم والتوجيه وبوصلة جيروسكوبية ، وهذه الأجهزة تعدل أوتوماتيكياً وضع آلة التصوير ، وتتحكم في سرعة فتح العدسة والضوء للحصول على أفضل الصور .



اتجاه خطوط الطيران



## ٢- إعداد الصور الجوية :

وتبدأ هذه المرحلة بعد الانتهاء من عمليات التصوير الجوي ، وتبدأ أولاً بتحميض وتثبيت الأفلام المصورة واختبار جودتها ، وما يكون فيها من عيوب مثل وجود بقع على الفيلم الحساس أو نقط تتسبب في عدم ظهور بعض المعالم الطبوغرافية ، وغيرها من الأمور الفنية . وجدير بالذكر أن هناك أنواع متعددة من أفلام التصوير لكل منها خصائصه ومميزاته منها ما يلي :

**١-أفلام بانوكروم : Panochromatic**

وهي رخيصة الثمن ويمكن تخزينها لمدة ٣-٤ سنوات في ظروف عادية ، وتظهر فيها المجاري المائية بلون فاتح ، ومن عيوبها أنه لا يصلح استخدامها في تصوير المناطق الصحراوية أو المناطق الجبسية أو الملحية أو التي تظهر فيها بحيرات ومستنقعات ، وذلك لتأثرها بالانعكاسات الضوئية ، فتظهر هذه المناطق بيضاء على الصورة .

**٢- أفلام انفرد Infrred :**

وتستخدم في تصوير المناطق الصحراوية ، حيث لا تتأثر بالانعكاسات الضوئية ، ولذا تظهر فيها المجاري المائية بلون داكن ، ومن عيوبها أنها غالية في ثمنها وتكاليف تخزينها إذ لابد من توافر غرف مكيفة الهواء ذات حرارة ورطوبة نسبية معينة .

**٣- الأفلام الملونة : Coloured**

وهي أفضل الأنواع جميعاً ولكنها لا تستخدم إلا نادراً لارتفاع ثمنها ، وتكاليف تحميضها وطبعها الباهظة .

وبعد تحميض الصور السلبية والتأكد من خلوها من العيوب الفنية وتتابع أرقامها والتأكد من أن التداخل الأمامي والجانبي طبقاً للمواصفات المقررة ، وعدم وجود ثغرات في المنطقة خالية من التصوير ، والتأكد من أن التغيير في مقياس الرسم في حدود المسموح به ، وتحديد مقدار الميل في الصور مبدئياً ، وما إذا كان مسموحاً به .. وتصبح السلبيات صالحة لطبع الصور الايجابية .

وتبدأ الخطوة الثانية وهي طبع الصور الإيجابية ، ويراعي عند طبعها ما يلي :

[أ] مراعاة مقياس الرسم الثابت المطلوب ، حيث أن مقياس الرسم في السلبيات قد يختلف من صورة لأخرى تبعاً لتغير ارتفاع الطائرة أثناء العمل .

[ب] مراعاة تعديل الصورة لتصبح رأسية تماماً ، إذا كانت السلبيات بها ميل ناتج عن ميل الطائرة أثناء العمل بسبب الظروف الجوية .

ويتم ذلك باستخدام أجهزة تعديل الصور ، وتتلخص فكرتها العامة في وجود جهاز إسقاط ( يمثل آلة التصوير) وأسفله طاولة ( تمثل سطح الأرض ) ويمكن التحكم في المسافة بينهما لضبط الرسم المطلوب ، كما يمكن التحكم في إمالة الطاولة عن المستوى الأفقي ، وفي أي اتجاه بنفس درجة ميل الصورة وفي اتجاه الميل ، دون تغيير لشروط الاسقاط المركزي Prespective الموجودة عند التقاط الصورة .

وتطبع الصور الايجابية على ورق يراعي فيه أن يكون غير لامع "مطفي Matt " حتى يمكن استخدام هذه الصور مع الأجهزة المختلفة الخاصة بالابصار المجسم ، وفي بعض الأحيان تطبع الايجابيات على ألواح من الزجاج الرقيق تسمى Doipositive ، وهو زجاج سمكه حوالي ملليمتر واحد شديد الشفافية والنقاء ، وقد تكون هذه الايجابيات الزجاجية بالحجم العادي ، أي الأبعاد العادية للصور الجوية ، والأكثرها شيوعاً ١٨ × ١٨ سم ، وقد تكون مصغرة عن الحجم العادي لاستخدامها في بعض أجهزة تحويل الصور إلى خرائط .

### ٣- عمل فهرس الصور :

ونصل إلى الخطوة الثالثة ، وهي عمل فهرس للصور ، ويتم ذلك بوضع الصور الايجابية "بعد تعديلها" مرتبة في مواضيعها الصحيحة ، على شكل أشرطة متداخلة طولياً وجانبياً بحيث تظهر المظاهر الطبوغرافية المختلفة وكأنها متصلة على كل الصور ، كما يظهر على حافة كل صورة رقمها المسلسل في شريحة الطيران ورقم هذه الشريحة ، ويتم تجميع الصور على لوحة كبيرة ويعاد تصوير المجموعة كلها لتكون بمثابة فهرس للصور Index .

## تحقيق الربط الأرضي :

يجري تحقيق بعض النقط الثابتة على سطح الأرض والتي سبق تحديد احداثياتها ومناسيبها على خرائط قبل عملية التصوير مثل نقط المثلثات والروبيرات وبعض المنشآت الهامة ، كما يتم تمييزها حتى تظهر الصور الجوية بوضوح ، والغرض من هذا التحقيق هو ضبط مقياس رسم الصورة الجوية ومقارنة منسوب الصورة بالنسبة لمناسيب الأرض ، وفي الواقع يختلف عدد النقط الثابتة على سطح الأرض باختلاف الغرض الذي تم من أجله التصوير ، ففي حالة الموزيك ( الخرائط المصورة ) ينبغي أن يكون هناك على الأقل ثلاثة نقط معلومة تسمى نقط الربط الأرضي Ground control Points في كل صورة ، أما في حالة استخدام الصورة في أجهزة الابصار المجسم لإنشاء الخرائط الكنتورية فيجب على الأقل ، وجود نقطتين معلوم موقعهما ومنسوبهما •

## إنشاء الموزيك (الخرائط المصورة ) :

الموزيك Mosaic هو مجموعة من الصور الجوية الفوتوغرافية المتتابعة المأخوذة في شريط واحد أو عدة أشرطة متجاورة ، وتلصق ببعضها بحيث تبدو المعالم الطبوغرافية في صور متكاملة وطبيعية ، وجميع هذه الصور تصغر أو تكبر بنفس المقياس المقرب - ومجموعة الصور هذه تمثل مع بعضها صورة واحدة لمساحة واحدة من سطح الأرض •

والموزيك يمتاز عن الصورة الواحدة فى أنها تظهر مساحة كبيرة من الأرض ، كما أن الموزيك يمتاز عن الخرائط الطبوغرافية المرسومة بطرق المساحة الأرضية العادية فى أنه يمكن عمله أسرع وأرخص ، كما أنه يمتاز أيضا بكثرة التفاصيل التى لا يمكن بيانها بالطرق المساحية العادية ، إلا بتكاليف باهظة وهى لا تحتاج لتدريب خاص ، غير أنه للموزيك عيب إذ أنه لا يمكن استعماله كخريطة طوبوغرافية يمكن إيجاد فروق الارتفاعات أو المناسيب منها •

وإذا لم تكن الأرض شديدة الانحدار أو مغطاه بغابات كثيفة فإنه يمكن عمليا رؤية كل الطرق ، والمبانى ، والحقول ، والمجارى المائية وغيرها على الموزيك ، ولذا فإن الموزيك يستعمل لأعمال الاستكشاف العامة ولدراسة المعالم المختلفة للمنطقة •

## أنواع الموزيك :

### ١-الموزيك غيرالمربوط Uncontrolled Mosaic

فى هذا النوع تجمع الصور وتلصق بجوار بعضها بقص حروفها ومقارنة الأجزاء المتشابهة فى الصور مع مثيلاتها المجاورة لها ، وكل ما يجب مراعاته هو انطباق المعالم الطبوغرافية على بعضها بحيث تبدو كأنها متصلة ببعض ، ويسمى فى هذه الحالة بالموزيك غير المربوط ، وهذا النوع من الموزيك يكون مقياسه غير مضبوط بالمرة خاصة إذا كان هناك تغيرا كبيرا فى مناسيب سطح الأرض .

ولعمل هذا الموزيك يجرى الآتى :

أ- تحدد مراكز الصور الجوية ، وذلك برسم قطرى الصورة ويتخذ من تقاطعهما مركزا للصورة .

ب- تختار نقطتان لظاهرتين في الجزء المشترك لكل صورتين متتالتين على يمين ويسار المركز ( بالنسبة لاتجاه الطيران ) أي أن كل صورة يظهر عليها أربعة نقط ، ويتم تثقيب هذه النقط الأربعة والمركز بدبوس ( بدلاً من الرسم على الصورة مما يتلفها ) ، وهكذا يستمر العمل في باقي الصور. فنلاحظ أنه قد تعينت على كل صورة ( ماعدا الصورتين الأولى والأخيرة في شريحة الطيران ) مركزها وأربع نقط اثنتان على الجانب الأيسر وإثنتان على الجانب الأيمن ، ويفضل أن تكون هذه النقط متساوية البعد عن المركز بقدر الإمكان كما يفضل أن تكون في مواضع تتساوى في منسوبها مع المنسوب العام للمنطقة تقريباً ، أي لا تكون على قمم جبلية أو في قيعان منخفضات حتى نتجنب الإزاحة بسبب اختلاف المنسوب .

ت- تؤخذ ورقة شفاف مناسبة لتغطية المنطقة كلها ، وتوضع الصورة الأولى تحت الطرف الأيسر العلوي لها ، ويوقع على الشفاف مركز الصورة والنقطتان السابق تثقيبهما على الصورة ، ثم تسحب هذه الصورة وتوضع الصورة الثانية تحت الشفاف ، بحيث تنطبق النقتطان المثقبتان فيها على النقطتين السابق توقيعهما من الصورة السابقة ، ثم يعين مركز الصورة الجديدة والنقطتان الجديدتان ، ثم تسحب الصورة الثانية وتوضع الثالثة ، وهكذا يستمر العمل حتى ننتهي من شريحة الطيران ، فنبدأ في الشريحة التي تليها وهكذا .

ث- يمد خط يصل بين مراكز الصور على ورقة الشفاف ( وهو خط الطيران الفعلي ) ، ونبدأ في رسم هذا الخط على الصور ، وذلك بوضع كل صورة تحت ورقة الشفاف بحيث ينطبق مركزها والنقط الجانبية على نظائرها في ورقة الشفاف ، ثم نرسم خطا من مركز الصورة باتجاه مركز الصورة السابقة لها ومركز الصورة التالية وهكذا .

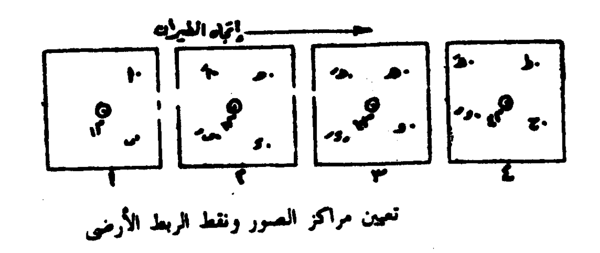
جـ- تلصق ورقة الشفاف على لوح من الورق السميك (الكرتون) . ثم نبدأ في وضع الصورة الأولى ، وذلك بغرس دبوس في مركزها ودبوسان في النقط السابق تحديدهما عليها ، بحيث تنغرس هذه الدبابيس الثلاثة على مواقعها المحددة على ورقة الشفاف ، ثم تلصق الصورة بشريط لاصق وترفع الدبابيس ، ويكرر العمل بنفس الطريقة في كل الصور التي تليها بالترتيب ، بحيث ينطبق مركز كل منها والنقط الجانبية على نظائرها الموقعة على ورقة الشفاف ، مستعينين في ذلك بالخط الواصل بين مركز الصورة ومركزي الصورتين السابقة واللاحقة لها .

حـ- نقص الأجزاء الزائدة عن الحاجة في كل صورة ، وهي إما النصف الأيمن من الصورة اليسرى أو النصف الأيسر من الصورة اليمنى بشرط أن يتم القص عمودياً على الظاهرات الخطية الموجودة على الصور مثل الطرق ، والسكك الحديدية ، والمجاري المائية ، وحدود المباني وغيرها ، لذلك نلاحظ أن قص الصورة يكون متعرجاً في غالب الأحيان .

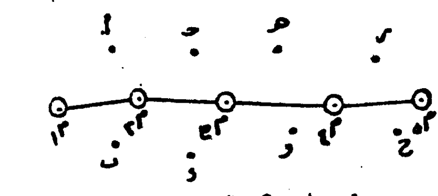
خـ- يتم لصق الصور المقصوصة مع بعضها على لوح الكرتون فيتكون لدينا الموزيك ، ويكتب عليها أسماء الظاهرات والمعالم ، فتصبح في النهاية خريطة مصورة كاملة للمنطقة .

**[٢] الموزيك المربوط Controlled Mosaic**

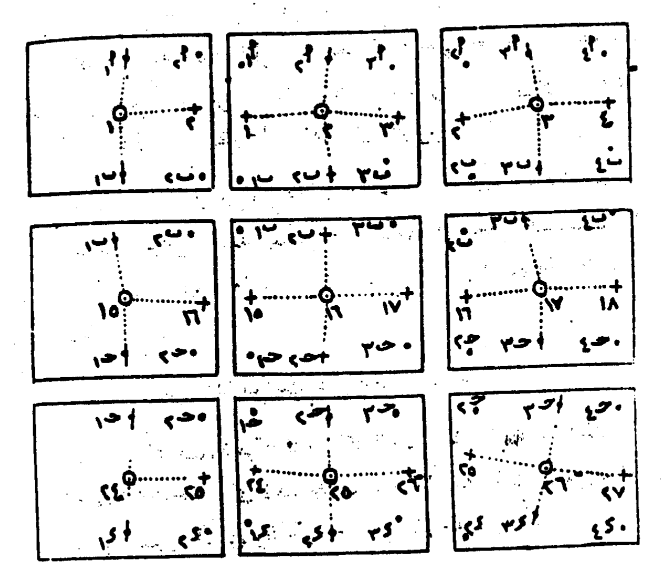
عبارة عن تجميع للصور الجوية بعد تصحيحها من أخطاء الميل بواسطة جهاز تعديل الصور ، ثم بعد تصحيح السالبيات تصغر أو تكبر حتى نجعل نقط معينة من قبل بواسطة مساحة أرضية وموقعة على لوحة تنطبق على نظيراتها الظاهرة فى الصورة ، وفى هذه الحالة تسمى مجموعة الصور بعد هذا الترتيب الموزيك المربوط ، والتصغير أو التكبير يكون بمقارنة المسافات بين مركز الصورة ونقط معلومة عليها مع المسافات المناظرة لها على سطح الأرض .




تعيين مراكز الصور ونقط الربط الأرضى



تسجيل مراكز الصور ونقط الربط على الورق الشفاف



قواعد التوجيه فى الموزيك المربوط

والموزيك المربوط أدق كثيرا من النوع الأول ويمكن إستعماله بمثابة خريطة وعلى العموم فإن الموزيك يفضل على الخرائط العادية .

وللحصول على هذا الموزيك نتبع الخطوات التالية :

أ - يحدد على كل صورة مركزها ومركز الصورة السابقة لها ، وكذلك مركز الصورة اللاحقة - أي يحدد ثلاثة نقط رئيسية عليها ، وبطبيعة الحال ما عدا الصورة الأولى والأخيرة من كل شريحة طيران .

ب - يختار ست نقط في كل صورة ( غير النقط الرئيسية الثلاث السابق توقيعها ) بحيث توضح هذه النقط الست معالم واضحة في الصورة والصورتين المجاورتين لها ، ويلاحظ أن الصورة الوسطى في الشريحة رقم (١) تظهر فيها النقط $أ_{١}$ ، $أ_{٢}$ ، $ب_{١}$ ، $ب_{٢}$ مشتركة مع الصورة اليسرى ، كما تظهر فيها أيضاً النقط $أ_{٢}$ ، $أ_{٣}$ ، $ب_{٢}$ ، $ب_{٣}$ مشتركة مع الصورة اليمنى ، وفى نفس الوقت نلاحظ أن النقط $ب_{١}$ ، $ب_{٢}$ فى الصورة اليسرى ، $ب_{١}$ ، $ب_{٢}$ ، $ب_{٣}$ فى الصورة الوسطى ، $ب_{٢}$ ، $ب_{٣}$ ، $ب_{٤}$ في الصورة اليمنى مشتركة مع نظيرتها في الشريط رقم (٢) .. ويتم العمل بهذه الطريقة في جميع الصور التي تغطي المنطقة .

وتلزم لدقة العمل ، وجود نقطتي مثلثات على الأقل في كل صورة كضوابط أولية أو بعض المعالم الطبوغرافية الدقيقة الوضوح والتحديد ، مثل تقاطعات الطرق ، وربما كانت شجرة كضوابط ثانوية .

ت - توضع قطعة من الورق المقوى ( وفي بعض الأحيان تكون السليوليد ) فوق كل صورة ، وبنفس أبعادها ، وتنقل إليها النقط التسعة الخاصة بكل صورة ، ويثقب مركز الصورة بثقب واضح ( قطره ما بين ٣-٥ ملليمترات ثم يحفر شقا طولياً بعرض مناسب (٣-٥ مم) من مركز الصورة في اتجاه النقط الثمانية الأخرى ، ويستخدم لذلك آلة خاصة لعمل الثقوب الدائرية والطولية تسمى Slotted Template .

ث - تجميع لوحات الكرتون بجوار بعضها تبعاً لمواضعها في شرائط الطيران بحيث تتداخل (تغطي) الأجزء المشتركة مع بعضها البعض تماما ، ويستخدم في تثبيت هذه اللوحات مع بعضها

مسامير خاصة Studs تدخل في الشقوق الطولية المتداخلة فمثلاً النقطة ب٢ ، ب٣ ، جـ٢ ، جـ٣ تظهر كل منها في ست صور يجمع كل نقطة منها مسمار واحد .

جـ – يرسم على لوحة كبيرة شبكة الاحداثيات بمقياس رسم الصور الجوية ، ويوقع عليها أربع نقط على الأقل عند الأركان من نقط الضوابط أو الربط الأولية – أي نقط المثلثات الأرضية المعلومة الاحداثيات .

حـ – توضع مجموعة لوحات الكرتون المتماسكة مع بعضها البعض بواسطة المسامير الخاصة على لوحة شبكة الاحداثيات ، بحيث تنطبق النقط الأولية على نظيرتها . عندئذ تكون جميع مراكز الصور في موقعها من حيث الاحداثيات ، توقع أيضاً نقط الربط عن طريق مرور دبوس في داخل محور المسمار الأجوف ، كما توقع أيضاً مراكز الصور على لوحة الاحدثيات ويكتب بجوار كل منها رقم الصورة الخاصة بها .

خـ – ترفع مجموعة ورق الكرتون المتماسكة ونأتي بالصور الجوية ويقطع منها الأجزاء اللازمة لتغطية اللوحة مع الاستغناء عن الأجزاء المكررة (المتداخلة) وذلك بعد توجيهها التوجيه الصحيح بالنسبة لمركز الصورة ومركزي الصورتين المتجاورتين السابقة واللاحقة ، ومواقع نقط الربط الأخرى ، ويجرى لصق هذه الصور فوق لوحة الكرتون ، وبذلك نحصل على الموزيك المربوط .

**استعمالات الموزيك :**

أ – فى مشروعات الرى المختلفة مثل القنوات والمصارف وتصميم الخزانات والطرق والسكك الحديدية .

ب – الدراسات الجيولوجية .

**عيوبه :**

أ – ازدحام التفاصيل بها .

ب – لا تظهر البيانات الطبوغرافية مثل نقط الارتفاعات وخطوط الكنتور .

ت – يظهر بها خطأ الارتفاع .

ويمكن معالجة هذه العيوب كالتالى :

أ – اختيار مقياس الرسم المناسب لتقليل ازدحام التفاصيل .

ب – يمكن إضافة البيانات الطبوغرافية ورسم خطوط الكنتور على الخريطة

## تعريفات :

م : مقياس الرسم الكسري أو الطرف الأيسر للمقياس النسبي .

ع : ارتفاع الطائرة عن سطح البحر.

هـ : متوسط منسوب سطح الأرض .

ف : البعد البؤري لعدسة آلة التصوير.

ق : طول خط القاعدة = طول المسافة الصافية من الصورة في اتجاه الطيران.

ط : المسافة بين كل خط طيران وآخر = طول المسافة الصافية في الاتجاه العمودي على خط الطيران .

$و_١$ : عرض اللوح السالب ( في اتجاه الطيران )

$و_٢$ : عرض اللوح السالب ( عمودي على اتجاه الطيران )

ت : نسبة التداخل الطولي من الواحد الصحيح ( أي ٥٠ % = ٠,٠٥ )

$ت_٢$ : نسبة التداخل الجانبي من الواحد الصحيح

ن : الزمن

$ن_١$ : مدة فتح العدسة بالثانية

س : سرعة الطائرة بالكيلومتر ( أو الميل ) في الساعة .

$س_١$ : سرعة الطائرة بالمتر ( أو القدم ) في الثانية .

ز ع : الإزاحة بسبب اختلف المناسيب

د : المسافة المقاسة من الهدف إلى مركز الصورة ( النقطة الأساسية )

ل : ارتفاع أو انخفاض الهدف عن المتوسط العام لمنسوب سطح المنطقة .

## ثالثا : إعداد وتنفيذ خرائط المساحة الجوية :

### ١- اختيار اتجاه الطيران :

عادة ما يختار اتجاه الطيران فى اتجاه الطول الأكبر ، وذلك لتقليل عدد الشرائح ولنفس السبب عادة يوضع البعد الأكبر فى اللوح السالب عموديا مع اتجاه الطيران ، بحيث يكون البعد الأصغر فى اتجاه الطيران ، وذلك إذا كان اللوح السالب مستطيلا أما إذا كان مربعا فلا فرق بين ضلعيه •

وعـــادة ما توضع أهداف أرضية على حدود المنطقة المصورة ، وذلك لتحديد المنطقة وتحديد اتجاهات الطيران ، وأيضا لتكون نقط ربط بين صور هذه المنطقة ، وتكون بلون مخالف لطبيعة المنطقة المصورة ( أحمر مثلا ) وأبعادهـــا فـــى الصورة ( ض ) يجب أن يساوى ٠,٠٥ مم ، وتبعا لمقياس الرسم يمكن معرفة الأبعاد فى الطبيعة •

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{البعد فى الصورة}}{\text{البعد على الطبيعة}} = \frac{\text{٠,٠٥مم}}{\text{البعد فى الطبيعة}}$$

$$\text{إذا البعد فى الطبيعة} = \text{٠,٠٥} \times \frac{\text{١}}{\text{مقياس الرسم}}$$

### ٢- تحديد مقياس رسم الصور الجوية :

مقـــياس رسم الصور الجوية هو النسبة بين طول أى خط فى الصورة وطـــول نظيـــره على الأرض ، وتختلف هذه النسبة باختلاف مناسيب النقط علـــى ســـطح الأرض ، ويتوقف مقياس الرسم على ارتفاع الطيران والبعد الـــبؤرى لعدسة آلة التصوير ، والنقطتان أ ، ب اللتان منسوباهما $ل_ا$ ، $ل_ب$ على الترتيب نجد أن لكل نقطة منها مقياس رسم محدد وهما :

$$\text{مقياس الرسم لنقطة أ} = \frac{\text{١}}{ع - ل_ا}$$

وبالمثل :

$$\text{مقياس الرسم لنقطة ب} = \frac{1}{\text{ع} - \text{ل}_{\text{ب}}}$$

حيث :

ع = ارتفاع الطيران .

ف = البعد البؤرى .

$\text{ل}_{\text{أ}}$ ، $\text{ل}_{\text{ب}}$ ، منسوبا النقطتين أ ، ب على الترتيب .

ومن هذا نرى أن مقياس الرسم يختلف باختلاف مناسيب النقط .

وعلى هذا نجد أن الصور الجوية الرأسية ليس لها مقياس رسم ثابت ، وإنما يوجد مقاييس رسم مختلفة ، وغالبا يؤخذ مقياس رسم متوسط للمنطقة المصورة ، وذلك بأخذ منسوب متوسط للمنطقة .

$$\text{مقياس الرسم لنقطة (م)} = \frac{1}{\text{ع} - \text{ل}_{\text{م}}}$$

ويمكن تحديد مقياس رسم الصورة بطريقة أدق ، بقياس أبعاد على الصورة ومقارنتها بنظيراتها المقاسة في الطبيعة أو على خريطة دقيقة للمنطقة المصورة ، ومثل هذه المسافات يجب أن تكون بين نقط محددة تحديداً جيداً على كل من الصورة والخريطة أو الطبيعة .

ويراعي في اختيار هذه النقط ما يلي :

[أ] أن تكون المسافات بينها بطول كاف على الصورة ، ويكون موقعها بحيث تمثل المقياس المتوسط للصورة .

[ب] بما أن تأثير الميل – في الصور المائلة – يكون على امتداد شعاع من مركز الصورة ومتكافئاً على الجانبين المتقابلين في الصورة فإن البعد المقاس يجب أن يمر بهذا المركز أو قريباً منه على الأقل .

[ج] ينبغي أن تكون النقطتان المحددتان لطرفي البعد المقاس ، ذات منسوب واحد حتى نتلافى تأثير اختلاف المنسوب .

وفي هذه الحالة يكون مقياس الرسم الدقيق للصورة عبارة عن النسبة بين طول المسافة المقاسة على الطبيعة بين النقطتين أ ، ب مثلاً والمسافة

المناظرة لها على الصورة بين صورتي هاتين النقطتين ، ولتكن $أ_1$ ، $ب_1$ .

$$\text{مقياس رسم الصورة} = \frac{\text{طول المسافة } أ_1 ب_1}{\text{طول المسافة } أ ب}$$

**مثال ( ٧٧ ) قيست المسافة بين نقطتي ترافيرس على خريطة ما بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ فكانت ٢٠ سنتيمترا ، وكانت المسافة بين صورتي هاتين النقطتين على صورة جوية ٢٥,٠ سم ، أوجد مقياس رسم الصورة .**

$$\text{فيكون مقياس رسم الصورة الدقيق} = \frac{٢٥,٠٠}{٢٠ \times ٥٠٠٠٠}$$

$$= \frac{١}{٤٠٠٠٠}$$

$$= ١ : ٤٠٠٠٠$$

**مـــثال ( ٧٨ ) : تتغير مناسيب سطح الأرض لمنطقة معينة من ٣٠٠٠ قدم إلـــى ٢٠٠٠ قـــدم فوق سطح البحر ، عين أكبر وأصغر مقياس رسم عند تـــصوير هـــذه المـــنطقة ، وما هو مقياس رسم الصورة للمنطقة إذا كانت الـــصورة مأخـــوذة بكاميرا بعدها البؤرى ٦ بوصة ، وارتفاع الطيران هو ١٠٠٠٠ قدم فوق سطح البحر .**

الحل :

$$\text{أكبر مقياس رسم} = \frac{ف}{ع - ل_م}$$

$$= \frac{١}{( ١٠٠٠٠ - ٢٠٠٠ ) \text{ قدم}} = ١ : ٨٠٠٠$$

## ٣- *ارتفاع الطيران* :

كلما ارتفعت الطائرة ، كلما كانت مساحة المنطقة التي تظهر في الصورة أكبر ، وبالتالي فإن مقياس رسم هذه الصورة يكون أصغر ، وهناك علاقة طردية بين مقياس الرسم والبعد البؤري لعدسة آلة التصوير ، إذ أن مقياس رسم الصور الجوية عبارة عن النسبة بين البعد البؤري لعدسة آلة

التصوير وارتفاع الطائرة عن سطح الأرض . لذلك يتم تحديد الارتفاع الذي ينبغي أن تكون عليه الطائرة أثناء التصوير تبعاً لمقياس الرسم المطلوب للصور الجوية ، ويأخذ في الاعتبار البعد البؤري لعدسة التصوير المستخدم ، فضلاً عن معرفة متوسط منسوب سطح الأرض ، حيث أنه عادة ما ينسب ارتفاع الطيران إلى مستوى سطح البحر ، وهو ما يحدده جهاز الألتيمتر المثبت في الطائرة ، وتحدد المعادلة الآتية هذه العلاقة .

$$م = \frac{ع - هـ}{ف}$$

أو ع = ( م × ف ) + هـ

مثال : فإذا كان مقياس الرسم المطلوب للصور هو ١ : ٥٠٠٠٠ وكانت مناسيب سطح الأرض تتراوح بين ٥٠٠ ، ١٠٠٠ متر ، والبعد البؤري لعدسة آلة التصوير المستخدمة ٣٠ سم .

$$فإن\ ارتفاع\ الطائرة = ( ٠,٣ \times ٥٠,٠٠٠ ) + ( \frac{٥٠٠ + ١٠٠٠}{٢} )$$

= ١٥٠٠٠ + ٧٥٠

= ١٥٧٥٠ متر فوق سطح البحر

## ٤- طول خط القاعدة :

ويتحدد مقدار هذا التداخل حسب الغرض الذي ستستعمل فيه الصور الجوية ، ففي حالة انشاء الخرائط المصورة (الموزيك) يكفي أن يكون التداخل بين ٢٠ ، ٣٠ % ، أما في حالة إنشاء خرائط كنتورية أو طبوغرافية أو لغرض الدراسات الجيولوجية والجيومورفولوجية فيجب ألا يقل هذا التداخل الأمامي عن ٥٠% ، وعادة ما يكون ٦٠% ، وذلك للتخلص من أطراف الصور التي قد يصيبها التشويه من ناحية ، ولأن هذا التداخل يعتبر من العناصر الرئيسية لرؤية الابصار المجسم من ناحية أخرى . فضلاً عن تلافي الميل والازاحة بسبب اختلاف مناسيب سطح المنطقة في الاجزاء الهامشية من الصور ، والشكل التالى يوضح لنا التداخل الطولي والجانبي .

أما التدخل الجانبي ( أو العرضي ) فيقصد به التداخل بين شرائح الطيران ، وهو عادة يتراوح بين ٢٥ ، ٣٠ % من عرض الصورة الذي يكون عمودياً على اتجاه الطيران .

ومن الشكل رقم ( ) يمكن استنتاج العادلة الآتية :

$$ق = م \times و_1 (١ - ت)$$

$$أو\ ق = \frac{ع - هـ}{ف} \times و_1 (١ - ت)$$

وتؤخذ الصور من الطائرة تبعاً لنظام معين يجب فيه حساب الفترة الزمنية التي تمضي بين التقاط كل صورة والصورة التالية لها . بحيث تحقق هذه الفترة الزمنية نسبة التداخل الأمامي المطلوب ، وترتبط الفترات الزمنية بين التقاط الصور بسرعة الطائرة ، وطول خط القاعدة الهوائية ، والذي يساوي المساحة الصافية المغطاة من سطح الأرض في الصورة وباعتبار :

أن سرعة الطائرة س ك.م : / ساعة . ∴

$$ن = \frac{ق}{س}$$

**مثال ( ٧٩ ) إذا كان مقياس رسم الصور ١ : ٥٠٠٠٠ وأبعاد اللوح السالب ٣٥ × ٣٥ سم والتداخل الطولي ٧٠ % وسرعة الطائرة ٢٠٠ ك.م. / ساعة احسب الزمن بين التقاط صورة وأخرى .**

ق = ٥٠,٠٠٠ × ٠,٣٥ ( ١ - ٠,٧٠ ) .

= ٥٢٥٠ متر = ٥,٢٥ ك .م

$$ن = \frac{٥,٢٥\ كم \times ٦٠ \times ٦٠}{٢٠٠\ كم}$$

= ٩٤,٥ ثانية = ١,٥٧٥ دقيقة

**أسباب عمل التداخل فى الصور الجوية :**

أ – ربط الصور بدقة مع بعضها حيث أنه من المرغوب فيه أن تظهر النقطة الرئيسية لكل صورة على حدود أكبر عدد ممكن من الصور المجاورة ٠

ب – تأثيـر المـيل ( بسبب ميل المحور الرأسى لآلة التصوير ) والإزاحة ( بـسبب اخـتلاف مناسيب الأشياء على سطح الأرض ) يكون أكبر ما يمكن فى الأجزاء الخارجية للصور وأصغر ما يمكن فى الأجزاء القريبة من مراكز الصور ، وعند رسم الخرائط يمكن التخلص بمقدار كاف من هذه العيوب بجعل الصور تتداخل بمقدار يزيد عن ٥٠ % ٠

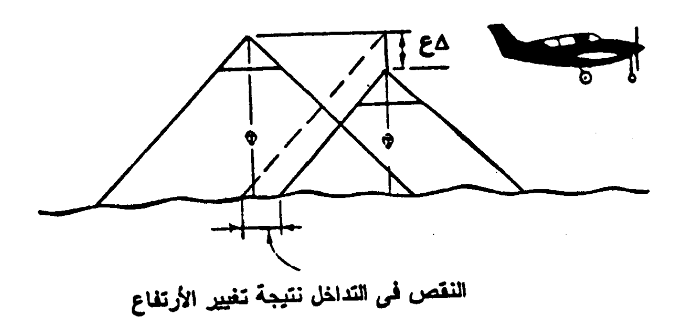
جـ – يعتبر من العناصر الأساسية لرؤية إبصار مجسم لأننا نستعمل فقط الأجزاء المتداخلة من أزواج الصور ، ولذا يجب أن يكون التداخل على الأقل ٥٠ % ٠

د – حـيث أن كل جزء من الأرض يكون قد أخذت له ٤ صور على الأقل فإنه يمكن أن يطرح جانبا الأجزاء غير الواضحة أو بها عيوب مثل شدة المـيل أو بهـا إضاءة ضعيفة أو ما يشابه مع عدم الاحتياج لأخذ صور أخـرى ، وعـند ترتيب الموزيك يمكن أخذ الأجزاء الصافية فقط ، وبذا نتلافى الأجزاء التى بها إنبعاجات أو التواءات كبيرة ٠

**العوامل التى تؤثر فى قيمة التداخل :**

تتأثر قيمة التداخل الطولى بعدة عوامل هى :

أ- **التغيـر فى ارتفاع الطيران :** نتيجة التغير فى ارتفاع الطيران عند التقاط صـورتين متتاليتين يقل مقدار التداخل عن التداخل النظرى المطلوب إذا مـا قـل ارتفـاع الطيران بمقدار ( Δ ح ) وتزيد قيمته كلما زاد ارتفاع الطيران عن الارتفاع التصميمى ٠

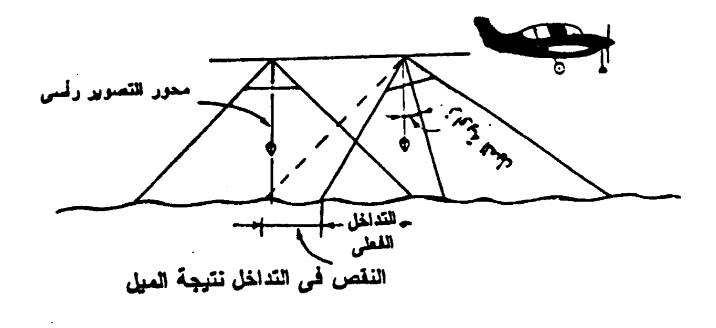



النقص فى التداخل نتيجة تغيير الأرتفاع

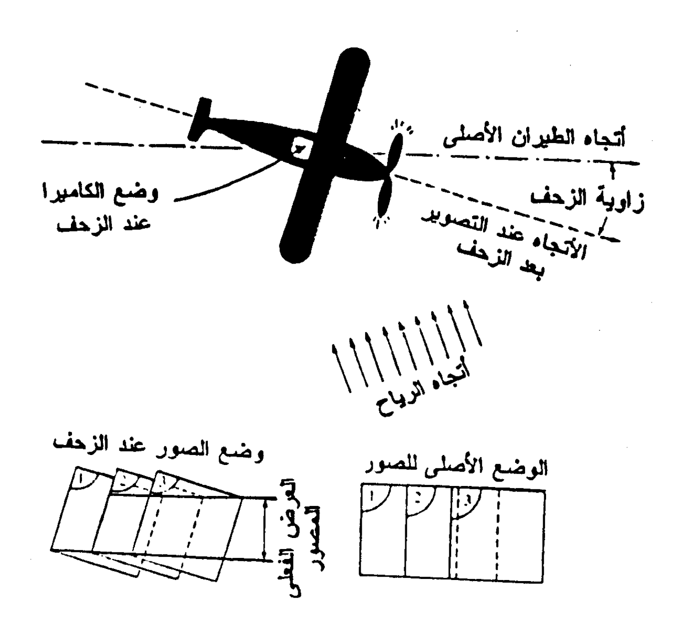
التداخل الفعلى

التداخل النظرى

التغير فى طبوغرافية المنطقة




النقص فى التداخل نتيجة الميل




زحف ( انحراف ) الطائرة عن اتجاه الطيران الصحيح

ب - **التغيـــر فـــى طبوغرافية المنطقة :** عندما تتغير مناسيب الأرض تتغير تبعا لها قيمة التداخل ، ويمكن إدماج هذين العاملين فى عامل واحد وهو مقياس رسم الصورة فالتغير فى مقياس الرسم فى الصورة الواحدة أو بين الصور المتعاقبة نتيجة للتغير فى قيم ارتفاع الطيران أو تغير الاثنين معا يقلل أو يزيد من التداخل بين الصور ، كما أنه فى المناطق المرتفعة يقلل عرض المنطقة المأخوذة على الصور .

جـ - **ميل الصورة :** وتتأثر قيمة التداخل عند ميل الصورة ، حيث تقل قيمة التداخل عند حدوث ميل إلى الأمام .

د - **زحـــف ( انحراف ) الطائرة عن اتجاه الطيران الصحيح :** ويتسبب عنه تقلـــيل قـــيمة التداخل ، ومن الممكن التغلب على الخطأ عمليا بإدارة آلة التـــصوير الجوى فى مستوى أفقى بزاوية تساوى زاوية انحراف محور الطائـــرة فى إتجاه مضاد لها . وفيما يختص بما تتفق عليه المواصفات بالنسبة للتداخل فتنص المواصفات الأمريكية عند استعمال الصور الجوية فى الابصار المجسم ألا تقل نسبة التداخل الطولى عن ٦٣ % .

وتزيد قيمة التداخل عن ٦٨ % للأراضى المنخفضة نسبيا فى المنطقة المـــصورة ، وذلـــك حتـــى يمكن الحصول على تداخل مقداره ٦٨ % فى الأراضى العالية المجاورة ، وبالنسبة للتداخل الجانبى تنص المواصفات على ألا تزيد قيمة هذا التداخل عن ٥٥ % ولا يقل عن ٢٠ % .

## ٥- عدد خطوط الطيران ( أو عدد الشرائح ) :

لتحديد عدد خطوط الطيران ، يتم ذلك عن طريق معرفة أبعاد المنطقة المطلوب تغطيتها بالصور الجوية ، ونسبة التداخل الجانبي بين كل شريحة وأخرى ، فضلاً عن مقياس الرسم المقرر للصور الجوية .

والمعادلة التالية توضح المسافة بين كل خط طيران وآخر ، ومنها يمكن حساب عدد خطوط الطيران أو الشرائح .

$$ط = م \times و_{٢} ( ١ - ت_{٢} )$$

$$\text{ويكون عدد الشرائح} = \frac{\text{العرض الكلى المصور}}{\text{المسافة بين كل خطى طيران}}$$

**مثال ( ٨٠ ) إذا كان المطلوب تغطية منطقة أبعادها ٤٠ × ٦٠ ك.م. بالصور الجوية ، بمقياس رسم ١ : ٣٠٠٠٠ ، وكانت أبعاد اللوح السالب ٥٠ × ٥٠ سم ونسبة التداخل الجانبي ٤٠ % .**

**فإن ط = ٣٠٠٠٠ × ٠,٥٠ × ( ١ – ٠,٤٠ )**

**= ٩٠٠٠ متر = ٩ ك.م.**

وكقاعــدة مواصــفات تضاف نسبة التداخل العرضى للصورة الواحدة على سطح الأرض ، وذلك عند كل طرف من عرض المنطقة لتغطيته ، أى أن العرض المصور هو :

العــرض المصور = عرض المنطقة + ( ٢ × نسبة التداخل العرضى × العرض الذى تغطيه الصورة الواحدة على الطبيعة )

أى أن العرض المصور = $ل_٢$ + ( ٢ × ٠,٤٠ × و )

**العرض المغطى بالصورة الواحدة = مقياس الرسم × طول اللوح السالب**

**= ٣٠٠٠٠ × ٠,٥٠ = ١٥٠٠٠ متر**

**= ٤٠٠٠٠ + ( ٢ × ٠,٤٠ × ١٥٠٠٠ ) = ٥٢٠٠٠ متر**

عدد الشرائح = العرض الكلى المصور / المسافة بين كل خطى طيران = ٥٢٠٠٠ / ٩٠٠٠ = ٥,٧٨

تؤخذ ٦ شرائح ( أو خطوط طيران )

## ٦- حساب عدد الصور اللازمة للمنطقة :

عند وضع خطة للتصوير الجوي ، يجب التأكد من أن الصور سوف تغطي المنطقة المطلوب تصويرها كلها ، مع الأخذ في الاعتبار التداخلات الطولية والجانبية ، وذلك حتى تقلع الطائرة ومعها كمية من الأفلام تكفي لتغطية المنطقة ، بالاضافة إلى احتياطي منها يقدر دائماً بـ ١٠% من عدد الصور الكلي .

وفي العادة يعمل تقدير مبدئي لعدد الصور ، وذلك بقسمة المساحة الكلية للمنطقة على المساحة الصافية التي تغطيها صورة واحدة .

المساحة الصافية للصورة = ق × ط

ويكون عدد الصور اللازمة للمنطقة = $\frac{\text{مساحة المنطقة}}{\text{ق} \times \text{ط}}$

ولتحديد عدد الصور في كل شريحة طيران ، نجد أن عدد الصور أصلاً هو عبارة عن عدد المسافات بين كل صورتين متتالتين أو خط القاعدة (ق) .

فيكون عدد الصور في كل شريحة = $\frac{\text{طول المنطقة}}{\text{ق}} + ٤$

ونلاحظ إضافة أربعة صور في كل شريحة ، صورتان منهما في بداية خط الطيران وصورتان في نهاية خط الطيران ، وذلك كمعامل أمان لكي يمكن إجراء الابصار المجسم للمنطقة الموجودة عند بداية ونهاية كل شريحة ، وفي بعض الحالات – مثل الموزيك – يكتفي بإضافة صورة واحدة في بداية خط الطيران وصورة في نهايته ، أي يضاف صورتين فقط في كل شريحة طيران ، ويكون عدد الصور الكلي للمنطقة عبارة عن عدد الصور في كل شريحة طيران مضروباً في عدد شرائح الطيران أو خطوط الطيران .

**مثال ( ٨١ ) : المطلوب تغطية منطقة أبعادها ٦٠ × ١٠٠ كيلو متر بالصور الجوية مقياس ١ : ٣٠٠٠٠ ، علماً بأن أبعاد اللوح السالب ٢٠ × ٢٥ سم ، والتداخل الأمامي ٤٠ % والجانبي ٢٠% – فما هي عدد الصور المطلوبة بالتقريب وعددها بالتفصيل .**

**الإجابة :**

أ- طول خط القاعدة "ق" = م × $و_١$ ( ١ – ت )

= ٣٠٠٠٠ × ٠,٢٠ ( ١ – ٠,٤٠)

= ٣٦٠٠ متر

= ٣,٦ كيلومترا

ب- عدد الصور في كل خط طيران = $\frac{١٠٠}{٣,٦} + ٤$

= ٣١,٧٧ صورة

= ٣٢ صورة

جـ- عرض شريحة الطيران "ط" = م × $و_٢$ ( ١ – $ت_٢$)

= ٣٠٠٠٠ × ٠,٢٥ ( ١ – ٠,٢٠ )

= ٦٠٠٠ متر

= ٦ كيلو مترات

د- عدد شرائح الطيران =

العـرض المصور = عرض المنطقة + ( ٢ × نسبة التداخل العرضى × العرض الذى تغطيه الصورة الواحدة على الطبيعة )

أى أن العرض المصور = $ل_٢$ + ( ٢ × ٠,٢ × و )

العرض المغطى بالصورة الواحدة = مقياس الرسم × طول اللوح السالب

= ٣٠٠٠٠ × ٠,٢٥ = ٧٥٠٠ متر

= ٦٠٠٠٠ + ( ٢ × ٠,٢٠ × ٧٥٠٠ ) = ٦٣٠٠٠ متر

عدد الشرائح = العرض الكلى المصور / المسافة بين كل خطى طيران = ٦٣٠٠٠ / ٦٠٠٠ = ١٠,٥

تؤخذ ١١ شريحة ( أو خطوط طيران )

هـ- عدد الصور الكلي = ٣٢ × ١١

= ٣٥٢ صورة

عدد الصور بالتقريب ( المبدئي ) = مساحة المنطقة / ق × ط

= ٢٧٧,٨ صورة

= ٢٧٨ صورة

مثال ( ٨٢ ) : المطلوب حساب عدد الصور الجوية اللازمة لتغطية منطقة مستطيلة الشكل عرضها ٢٥ ميلاً وطولها ٣٠ ميلاً ، يراد تصويرها جوياً بغرض إنشاء خرائط طبوغرافية وكانت آلة التصوير المستخدمة ذات بعد بؤري قدره ١٠ بوصات ، وأبعاد اللوح السالب ٦ × ١٠ بوصات . ومقياس الرسم المطلوب ١ : ٢٥٠٠٠ والتداخل الطولي ٦٠ % والجانبي ٤٠ % .

الإجابة :

أ- طول خط القاعدة "ق" = م × $و_١$ ( ١ – ت ) .

= ٢٥٠٠٠ × ٧/١٢ × ٠,٣

= ٥٠٠٠ قدم

طول المنطقة بالاقدام = ٣٠ × ٥٢٨٠ قدم

= ١٥٨٤٠٠ قدم

ب- عدد الصور في كل خط طيران = ( ١٥٨٤٠٠ ÷ ٥٠٠٠) + ٤

= ٣٥,٦٨ صورة

وبالتقريب = ٣٦ صورة

جـ- المسافة بين كل خطي طيران "ط" = م × و٢ ( ١- ت٢ )

$$= ٢٥٠٠٠ \times \frac{١٠}{١٢} \times (١ - ٠,٤٠) .$$

= ١٢٥٠٠ قدم

عرض المنطقة بالقدم = ٢٢ × ٥٢٨٠ قدم

= ١٣٢٠٠٠ قدم

د- عدد شرائح الطيران =

العـرض المصور = عرض المنطقة + ( ٢ × نسبة التداخل العرضى × العرض الذى تغطيه الصورة الواحدة على الطبيعة )

أى أن العرض المصور = ل٢ + ( ٢ × ٠,٤٠ × و )

العرض المغطى بالصورة الواحدة = مقياس الرسم × طول اللوح السالب

= ٢٥٠٠٠ × ٠,٨٣٣٣ = ٢٠٨٣٢,٥ قدم

= ١٣٢٠٠٠ + ( ٢ × ٠,٤٠ × ٢٠٨٣٢,٥ ) = ١٤٨٦٦٦ قدم

$$\text{عدد الشرائح} = \frac{\text{العرض الكلى المصور}}{\text{المسافة بين كل خطى طيران}} = \frac{١٤٨٦٦٦}{١٢٥٠٠} = ١١,٨٩$$

تؤخذ ١٢ شريحة ( أو خطوط طيران )

هـ- عدد الصور الكلي = ٣٦ × ١٢

= ٤٣٢ صورة

**ملحوظة هامة جدا :**

رأينا فى العرض السابق أنه إذا كانت المنطقة مستطيلة أو مربعة الشكل فإن عدد الصور الكلى = عدد الصور فى الشريحة الواحدة × عدد الشرائح .

أما إذا كانت المنطقة على شكل شبه منحرف فيكون :

طول الشريحة الأولى = طول الضلع الأكبر أى ( طول القاعدة الأكبر )

طول الشريحة الثانية = طول القاعدة الأكبر – س

طول الشريحة الثالثة = طول القاعدة الأكبر – ٢س

طول الشريحة الرابعة = طول القاعدة الأكبر – ٣ س ٠٠٠ وهكذا

حيث :

س =

$$\frac{\text{طولى الضلعين المتوازيين}}{\text{ارتفاع شبه المنحرف}} \times \text{المسافة الفعلية بين كل خطى طيران}(\bar{د})$$

، $\bar{د}$ = هى المسافة الفعلية بين كل خطى طيران

$$= \frac{\text{المسافة بين أول وآخر خط طيران}}{\text{عدد الشرائح} - ١}$$

ويكون عدد الصور الكلى هو مجموع عدد الصور فى كل شريحة من الشرائح المختلفة الطول ٠

أما إذا كانت المنطقة ليست مربع أو مستطيل أو شبه منحرف ولكنها على شكل نصف دائرة فيكون :

طول الشريحة الأولى = ٢ نق

$$\text{طول الشريحة الثانية} = ٢\sqrt{\text{نق}^{٢} - (\bar{د})^{٢}}$$

$$\text{طول الشريحة الثالثة} = ٢\sqrt{\text{نق}^{٢} - (٢\bar{د})^{٢}}$$

$$\text{طول الشريحة الرابعة} = ٢\sqrt{\text{نق}^{٢} - (٣\bar{د})^{٢}}$$

طول الشريحة الخامسة = $٢ \sqrt{\text{نق}^{٢} - (\text{٤د}^{-})^{٢}}$ ..... وهكذا .

ويكون عدد الصور الكلى هو مجموع عدد الصور فى كل شريحة من الشرائح المختلفة فى الطول •

## ٧- *تحديد أقصى مدة لسرعة فتح عدسة آلة التصوير :*

للحصول على صور واضحة للأهداف يجب تحديد مدة فتح عدسة آلة التصوير ، أي مدة تعرض الفيلم ( أو اللوح السالب ) للضوء تبعاً لحالة الرؤية أثناء التصوير ، فعندما تكون الشمس ساطعة وحالة الرؤية جيدة تزداد سرعة العدسة لتصل إلى ( ١ / ٥٠٠ ) من الثانية في بعض الأحيان.

وتزداد مدة فتح العدسة كلما كان حالة الرؤية أقل ، مثل وجود الغيوم التي تظلل المنطقة وتحجب عنها ضوء الشمس ، ولكن لابد من حد معين لا تتجاوزه مدة فتح العدسة حتى لا يزيد قطر دائرة التشويه عن ٠,٠٥ ملليمتر . إذ أنه عند فتح العدسة لالتقاط الصورة فإن الهدف أ يظهر على اللوح السالب أ ، فإذا كانت مدة فتح العدسة $\text{ن}_{١}$ من الثانية ، فإن الطائرة تنتقل خلال هذه المدة من الوضع $\text{ب}_{١}$ إلى الوضع $\text{ب}_{٢}$ وتصبح صورة الهدف أ عبارة عن الخط $\text{أ}_{١}$ $\text{أ}_{٢}$ والذي يسمى بدائرة التشويه ، ويجب ألا يزيد طوله عن ٠,٠٥ ملليمتر •

ولتحديد أقصى فترة لفتح عدسة آلة التصوير تستخدم المعادلة .

$$\text{ن}_{١} = \frac{\text{ع} \times ٠,٠٠٠٠٥}{\text{ف} \times \text{س}_{١}}$$

فمثلاً إذا كان ارتفاع الطائرة ٥٠٠٠ متر وسرعتها ٢٣٤ كيلو مترا والبعد البؤري لعدسة آلة التصوير ٢٠ سم .

فإن سرعة الطائرة بالمتر في الثانية .

$$س_١ = \frac{٢٣٤ \times ١٠٠٠}{٦٠ \times ٦٠} = ٦٥ \text{ متر/ثانية}$$

ومدة فتح العدسة يجب ألا تزيد عن

$$ن_١ = \frac{٥٠٠٠ \times ٠,٠٠٠٠٥}{٠,٢ \times ٦٠} = \frac{١}{٥٢} \text{ ثانية}$$

أي أن أقصى مدة لفتح العدسة يجب ألا تزيد عن $\frac{١}{٥٢}$ من الثانية .

## ٨- قياس الازاحة الناتجة بسبب اختلاف المناسيب :

إن الصور الجوية المأخوذة لأرض أفقية تماماً وبواسطة آلة تصوير محورها رأسي تماماً تبين مواقع الأهداف بالضبط كما يجب أن تكون على الخريطة . ولكن نظراً لأنه من النادر أن تكون الأرض أفقية تماماً ، فإنه يحدث بعض الإزاحة Radial Displacement للأهداف المرتفعة أو المنخفضة نتيجة لاختلاف مناسيبها عن المتوسط العام لمنسوب المنطقة .

ويمكن أن نأخذ مثالاً بسيطاً لتوضيح هذه الظاهرة ، ولتكن مئذنة فمن البديهي أن تظهر على الخريطة على شكل نقطة ، لأن أعلى نقطة فيها ينطبق على محورها ، ذلك لأن مسقط الخريطة عمودياً Orthogonal أما على الصورة الجوية ، فإن المئذنة تظهر على شكل خط محوره شعاع يبدأ من مركز الصورة ، أي أن قمة المئذنة تظهر مزاحة عن قاعدتها بمقدار طول هذا الخط ، وذلك لأن الصورة الجوية عبارة عن مسقط مركزي .

والملاحظ أن النقط المرتفعة عن المتوسط العام لمنسوب سطح المنطقة ، تظهر مزاحة قطريا نحو أطراف الصورة ، وبالتالي يجب أن يكون تصحيح موقعها في اتجاه مركز الصورة ، بينما النقط المنخفضة عن المتوسط العام لمنسوب سطح المنطقة تظهر مزاحة قطرياً نحو مركز الصورة ، وبالتالي يجب تصحيح موقعها إلى الخارج في اتجاه أطراف الصورة .

ولمعرفة مقدار الازاحة الناتج بسبب اختلاف المناسيب ( ز ع ) . نستخدم المعادلة الآتية :

$$ز ع = \frac{د ل}{ع}$$

فإذا كانت لدينا صورة جوية رأسية أخذت من ارتفاع ٣٥٠٠ متر فوق متوسط سطح الأرض يظهر فيها الهدف أ ( ومنسوبة عن مستوى المقارنة بمقدار ١٠٠ متراً ) على بعد ١٣ سم من مركز الصورة . كما يظهر الهدف ب ( ومنسوبه ينخفض عن مستوى المقارنة بمقدار ٥٠ مترا ) على بعد ٧ سم ، فما مقدار واتجاه الإزاحة لكل من الهدفين .

فى حالة النقطة أ

$$ز ع = \frac{١٣ \times ١٠٠}{٣٥٠٠}$$

= ٠,٣٧ ملليمتر

وحيث أنها ترتفع عن مستوى المقارنة ، معنى ذلك أنها مزاحة نحو الخارج عن موقعها الحقيقي ، ويكون تصحيح موقعها بإزاحتها نحو مركز الصورة بمقدار ٠,٣٧ ملليمتراً .

فى حالة النقطة ب

$$ز ع = \frac{٧ \times ٥٠}{٣٥٠٠}$$

= ٠,١٠ ملليمتر

ولما كانت هذه النقطة تنخفض عن مستوى المقارنة ، فذلك يعني أنها مزاحة نحو الداخل ، ويكون تصحيح موقعها بإزاحته قطرياً نحو الخارج ( إلى أطراف الصورة ) بمقدار ٠,١٠ ملليمتر .

## رابعا : الابصار المجسم

الابصار المجسم هو تلك الظاهرة التى بها يمكن للإنسان رؤية الأبعاد الثلاثة للأشياء – أى نراه مجسما ، إذا ما نظر بعينيه الإثنين معا ، أما إذا نظر بعين واحدة فقط فإنه لا يشعر بتجسيمه ، ومن ثم لا يمكن تقدير أبعاد ومسافات الأشياء ، ونظرا لاختلاف وضع العين فى الفضاء نجد أن الصورة المنطبعة على شبكة العين اليمنى تختلف عن الصورة المطبوعة على شبكة العين اليسرى ، وتنقل هاتان الصورتان بواسطة عصب الابصار إلى المخ الذى يدمجها إلى صورة مجسمة معتدلة فى الوضع ، وكتجربة لصعوبة الابصار المجسم بعين واحدة حاول وأنت تبصر بعينيك الإثنين أن ترفع يدك اليمنى وبها غطاء القلم الحبر ثم تنزله بسرعة ليغطى القلم نفسه

الموجود بيدك اليسرى فسوف تنجح فى المحاولة ولكن إذا قفلت إحدى عينيك وحاولــت وأنــت تبصر بالأخرى فسوف تفشل لأن العين الواحدة تفشل فى تقدير العمق أو البعد الثالث •

وبـــذا يمكن تعريف التجسيم بأنه القدرة على التمييز بين الأبعاد الثلاثة لأى جسم ومعرفتها ومن ثم يمكن الحصول على الشكل الحقيقى فى الفراغ •

وكان pulfrich أول من فكر فى استعمال هذه الظاهرة فى القياس من الــصور ســنة ١٩٠١م ، وقـــام ببحث دقة النظر فى مقارنة الإبتعاد ، هذا وتعتبــر ظاهـــرة الابـــصار المجسم غاية فى التعقيد والصعوبة ، والطرق الأساسية فى المساحة التصويرية تعتمد على المقدرة على الابصار المُجسم •

يبـــين الشكل التالى هدفين د١، د٢ على امتداد خط نظر العين اليسرى، ولـــرؤية الهدف د١ تنطبع صورته عند س١ في العين اليسرى . ن١ فـــي العين اليمنى، أما الهدف د٢ فلا تراه العين اليسرى ( إذ يحجبه عنها الهـــدف د١ ) ، بيـــنما تنطـــبع صورته عند ن٢ في العين اليمنى . وتسمى الـــزاويتان هـــــ١، هـــ٢ بزاويتي ابتعاد المرئي ، والزاوية œ تسمى بزاوية فـــرق الابـــتعاد ، ولها أهمية خاصة لأنها تعتبر كمقياس لتعيين المسافة بين الهدفين د١، د٢ في الفراغ .

وهـــذه النظـــرية تـــستعمل فـــي أجهـــزة الابـــصار المجسم لتعيين المـــسافات النـــسبية بـــين الـــنقط واخـــتلاف ارتفاعاتها من أزواج الصور Stereo Pairs. وتحـــدد الـــشروط الطبيعية التالية المسافة التي يمكن منها القدرة على الابصار المجسم.

١- إذا قلـــت الزاوية هــ عن ٢٠ ثانية تقريبا ( فى المتوسط فإن الإنسان لا يمكـــنه الحـــس باختلاف مواضع النقط ( الابصار الاستريوسكوبى ) ، وبعـــض الناس ليس لديهم قدرة الابصار المجسم مطلقا والبعض قد تصل قدرته إلى ٥ ثوان والبعض الآخر إلى ثانية واحدة •

ولا يمكـــن للانـــسان أى يرى المجسم إذا زادت هــ عن ١٦ درجة ، وذلـــك عـــندما يكـــون الجـــسم علـــى بعد ٢٥ سم تقريبا من العين أى إذا قلـــت المـــسافة عـــن ٢٥ ســـم لا يمكن للعين رؤية الصورة مجسمة إلا إذا استعان بنظارة •

$$\text{هـ} = \text{٢ ظا}^{-١} \left( \frac{\text{ب}}{\text{٢} \times \text{ع}} \right)$$

وبوضع ب = ٦٥ مم ، ع = ٢٥ مم فإن          هـ = ١٥ – ١٦ درجة

المسافة بين عقدتى العين تتراوح بين ٦٠ – ٧٠ مم ، وتسمى بقاعدة الابصار ، ومن هذين الشرطين السابقين نجد أننا بالعين المجردة لا نشعر بالابصار المجسم أو باختلاف بعد الأشياء إذا زادت المسافة عن ٦٣٠ – ٧٠٠ متر تقريبا ، وأنه وإن أمكننا تقدير المسافة التى تزيد عن هذا الحد إلا أننا نستطيع فقط بالاستعانة بالحجم النسبى للأشياء ومواقعها والضوء والظل وغيرها ٠

## أجهزة الابصار المجسم Stereoscopes

تتعدد أجهزة الابصار المجسم وتتنوع تبعاً للأغراض التي تستخدم فيها، وتتدرج هذه الأجهزة من المجسمات البسيطة التركيب والتي تستخدم في الأعمال السريعة أو التقريبية مثل مجسمات الجيب والمجسمات ذات المرايا وما شابههما ، وهناك المجسمات التي تستخدم فى عمليات إنشاء الخرائط الدقيقة ، وهي أجهزة معقدة التركيب وقد يحتوي بعضها على أجهزة حاسبة آلية لتساعد في العمليات الحسابية المعقدة التي يتطلبها العمل بمثل هذه الأجهزة . ويحتاج هذا النوع من الأجهزة إلى متخصصين مدربين على استعمالها . وجدير بالذكر أن كلا هذين النوعين يعتمدان على نظرية الابصار المجسم من أزواج الصور وتكون البعد الثالث في الفراغ ٠

ولما كانت دراستنا تختص في المقام الأول بما يفيد الجغرافي من هذه الأجهزة ، فسوف نكتفى بالإشارة إلى تلك المجسمات البسيطة التركيب .

### ١ – المجسم الجيبي Pocket Stereoscope

وأول من صنعه هو دافيد برو ويستر ( ١٨٤٩م ) وهو يسمى أيضا بالاستريوسكوب ذى العدسات ، وهو أبسط الأنواع ، وفيه توضع الصورتان فى المستوى البؤرى للمكبرين ويصلح للصورة الصغيرة ، حيث يجب ألا

تزيد المسافة بين العدستين عن المسافة بين العينين والتى تتراوح بين ٥٦ مم ، ٧٥ مـــم ، والـــنموذج المجسم الذى نحصل عليه باستخدام الاستريوسكوب الجيبـــى يكون بمقياس رسم صغير ويكون التأثير الاستريوسكوبى ضعيف ، وللـــتغلب علـــى هذين العيبين يجب زيادة المسافة بين الصورتين ويتم هذا بجهاز معدل للجهاز الأول ويسمى بالاستريوسكوب ذو المرايا •

واســـتخدام مجـــسمات الجيب محدود ، بسبب صغره وعدم دقته . لذا يـــصعب اســـتخدامه في دراسة الصور الجوية ذات الأبعاد المعتادة ، إذ أنه يجـــب أن توضـــع أزواج الـــصور تحته على مسافة قريبة جداً من بعضها حتـــى يمكـــن تدقـــيق الابصار المجسم ، الأمر الذي ينبغي معه طي أو ثني طـــرف أحداهما حتى لا تغطي على ما في الصورة الأخرى . كما أن مجال الـــرؤية لهذه المجسمات صغير ومحدود . فلا يمكن رؤية المساحة المتداخلة كلهـــا في نظرة واحدة . وإذا كانت المسافة بين مركزي العدستين أكبر قليلاً مـــن مسافة قاعدة الابصار للشخص الذي يستخدمه فإن النموذج المجسم يبدو مقعراً . وعلى العكس يبدو النموذج محدباً إذا كانت المسافة بين العدستين أقل من قاعدة الابصار .

## ٢- المجسم ذو المرايا Mirror Stereoscope

وفكـــرة تـــصميم هذا الجهاز هى نفس الفكرة السابقة غير أنه بدلا من ســـير الأشـــعة مـــن الـــنقطة إلـــى العدسة فى طريق مباشر يمكن باضافة ســـطوح عاكـــسة أن تتكسر هذه الأشعة عدد مرات وصولها إلى العدسة ، ممـــا يمكننا من زيادة المسافة بين الصورتين ، ويمكننا فى نفس الوقت من استعمال أحجام أكبر من الصور ، هنا أيضا يجب أن تقع الصورة على بعد يـــساوى البعد البؤرى للعدسة أى أن التجسيم يحدث من إنعكاس الصورتين خلال المرايا •

وكـــان Helmholz ( ١٨٥٧م ) أول مـــن صـــنعه وله ٤ مرايات ، وحديـــثا تنـــتج الـــشركات العديـــد من أشكال الاستريوسكوبات ذات المرايا لخدمــــة الأغـــراض المخـــتلفة لعملـــيات التجـــسيم ويـــستخدم مــــع هذه الاستريوسكوبات آلات قياس خاصة لقياس فروق الارتفاع بين الأهداف الظاهرة فى أزواج الصور •

**استخدام الجهاز:**

للحـــصول علـــى نمـــوذج مجسم من أزواج الصور الجوية باستخدام المجسمات ذات المرايا – تجري الآتي:

١- توضع الصورتان فوق بعضهما بحيث تنطبق التفاصيل في منطقة التداخل وتـــبدو مـــستمرة نحـــو الجانبين في المناطق التي ليس بها تداخل ، مع مـــراعاة أن يكون مصدر الضوء من الركن العلوي الأيسر للصورتين ، وبالتالي تكون ظلال المعالم المختلفة كالجبال والأشجار والمباني وغيرها في الاتجاه الأيمن ، وذلك لتلافي تأثير الابصار المجسم المعكوس.

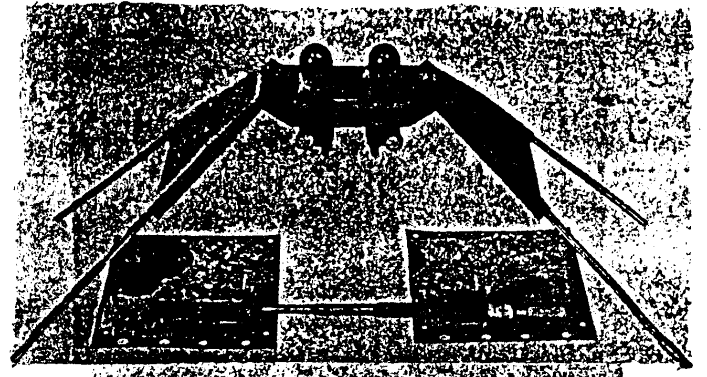
٢- تحـــرك الصورة الأولى – والتي تظهر فيها منطقة التداخل على جانبها الأيمن– نحو اليسار ، وتحرك الصورة الثانية – والتي تظهر فيها منطقة التداخل على جانبها الأيسر – نحو اليمين.

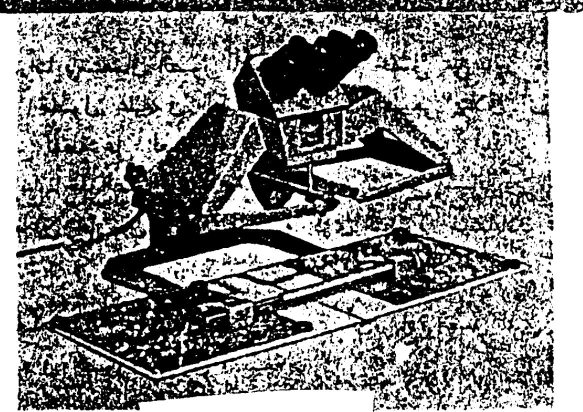
٣- يحـــدد مكان النقطة الرئيسية لكلا الصورتين. وذلك برسم خط يصل بين كـــل علامتـــين متقابلتين من علامات المركز الموجودة على أطراف كل صورة ، ويكون تقاطعهما هو المكان الصحيح للنقطة الرئيسية باعتبار أن الصور الجوية المستخدمة رأسية تماماً .

٤- يحدد مكان النقطة الرئيسية لكل صورة على الصورة الأخرى . وللتعرف علـــى مكانهمـــا يستعان بالتفاصيل المحيطة بهما في كل من الصورتين. وبذلك يتم تحديد أربع نقط في منطقة التداخل بكلا الصورتين.

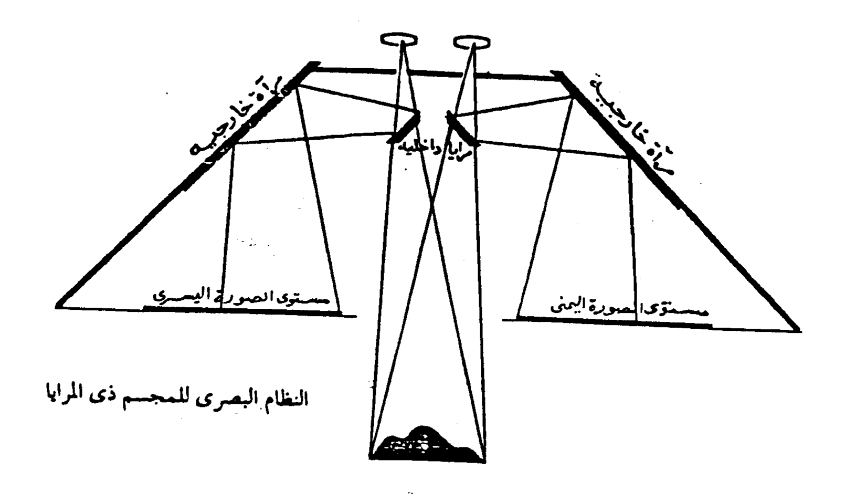


الاستريوسكوب الجيبى

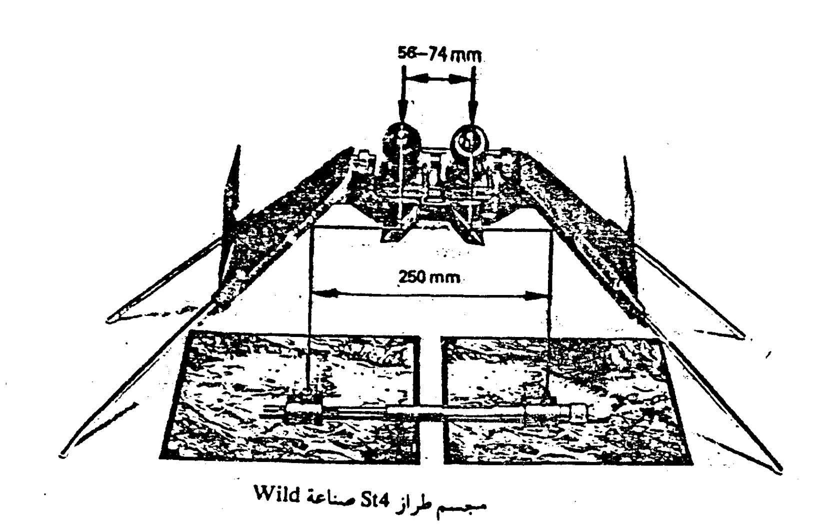




الاستريوسكوب ذو المرايا




النظام البصرى للمجسم ذى المرايا




مجسم طراز St4 صناعة Wild

٥- تبعد الصورتان عن بعضهما جانبياً ، بحيث تكون المسافة بين النقطة الرئيسية لكل منهما حوالي ٢٥-٢٦ سم . وتثبت الصورتان بغرس دبوس في النقطة الرئيسية "١" في الصورة اليسرى و "٢" في الصورة اليمنى.

٦- توضع مسطرة شفافة بحيث يمس طرفها الدبوسين ـ تدار الصورة اليسرى قليلاً حتى تصبح ( ٢َ - صورة النقطة الرئيسية للصورة اليمنى كما تظهر في الصورة اليسرى ) مماسة لحافة المسطرة ، عندئذ تثبت الصورة اليسرى بورق لاصق على أطرافها .

٧- تحرك الصورة اليمنى حركة دائرية حول الدبوس المثبت في مركزها، حتى تصبح (١َ - صورة النقطة الرئيسية للصورة اليسرى كما تظهر في الصورة اليمنى) مماسة لحافة المسطرة. أي تصبح النقط١ ، ٢َ ، ١َ ، ٢ في خط مستقيم هو حافة المسطرة ويسمى بخط القاعدة الفوتوغرافي Photo-base أو خط الطيران Flight line .

٨- يوضع المجسم فوق الصورتين بحيث يوازي قاعدة الابصار فيه خط القاعدة الفوتوغرافي على الصورتين ، حتى ترى النقطة الرئيسية في الصورة اليسرى في مركز الابصار، مع استمرار وضع المسطرة مماسة للنقط الأربع . ثم تحرك الصورة اليمنى ببطء نحو اليمين أو نحو اليسار حتى تندمج النقطة الرئيسية "١" مع النقطة الرئيسية "١َ" تماماً وتظهران كنقطة واحدة مجسمة.

٩- ينقل المجسم نحو اليمين بحيث تظهر النقطة الرئيسية للصورة اليمنى "٢" في مركز الابصار، مع استمرار وضع المسطرة مماسة للنقط الأربع . وهنا لابد من أن تندمج هذه النقطة مع نظيرتها في الصورة اليسرى "٢" وتظهران كنقطة واحدة مجسمة.

١٠- تثبت الصورة اليمنى بورق لاصق عند أطرافها. ويتم التأكد مرة أخرى أن خطي القاعدة في الصورتين على استقامة واحدة . وبذلك تكون الصورتان جاهزتان للدراسات الاستيوسكوبية.

وجدير بالذكر أنه في بعض الأحيان قد يستلزم الأمر دوران المجسم في اتجاه عقرب الساعة أو عكس هذا الاتجاه للمحافظة على رؤية خطي القاعدة في الصورتين كخط واحد مستقيم ، وكذلك للمحافظة على رؤية النموذج المجسم .

وهناك أنواع من المسجمات مثبتة على حامل معدني متصل بقاعدة عليها لوحة معدنية متحركة محفور عليها خط القاعدة في منتصفها ، يتميز هذا النوع من الأجهزة بثباته مما يسهل عملية ضبط الصورة وذلك بالاستغناء عن المسطرة . كما أن دوران اللوحة (القاعدة) أسهل من دوران الجهاز ذاته.

## المبالغة الرأسية : Vertical Exaggeration

ويقصد به أن النموذج المجسم الذي يتكرر في الفراغ باستخدام أجهزة التجسيم يكون به بعض المبالغة . فتبدو الظاهرات المرتفعة أكثر ارتفاعاً عن حقيقتها .

فقد يظهر مبنى – ارتفاعه الحقيقي ٣٠ مترا – يظهر في النموذج المجسم وكأن ارتفاعه ٤٥ متراً ، فتكون نسبة المبالغة في هذه الحالة ١,٥ .

– وهناك عوامل عديدة تؤدي إلى حدوث المبالغة الرأسية. نوجز أهمها فيما يلي :

أ – طول القاعدة الهوائية : فتزداد المبالغة كلما زاد طول القاعدة الهوائية ، وبمعنى آخر تزداد هذه المبالغة كلما قلت نسبة التداخل الطولي بين أزواج الصور.

ب – البعد البؤري لعدسة آلة التصوير : فهناك علاقة عكسية بين نسبة المبالغة والبعد البؤري إذ كلما قل البعد البؤري للعدسة زادت المبالغة الرأسية.

جـ – المسافة بين النقطتين الرئيسيتين للصورتين ( وتسمى بمسافة الانفصال ) وكذلك المسافة بين مستوى الصورتين وعدستي المجسم المستعمل ، فكلما زادت هاتان المسافتان كلما زادت نسبة المبالغة الرأسية.

د – تتناسب المبالغة الرأسية عكسياً مع قاعدة الابصار، أي أنه كلما صغرت قاعدة الابصار كلما ازدادت نسبة المبالغة.

وتوجد طرق رياضية عديدة لحساب نسب المبالغة الرأسية في الصور الجوية أثناء الابصار المجسم ، تدخل في اعتبارها هذه العوامل. وعلى أية حال هناك طريقة عملية يمكن استخدامها لقياس نسبة المبالغة الرأسية في حالة وجود خريطة كنتورية أو خريطة مناسيب للمنطقة المصورة.

وتـــتخلص هذه الطريقة في اختيار أربعة أو خمسة انحدارات موجودة فـــي الأجـــزاء الوســـطى مـــن الصور الجوية وتوقع أماكنها عل الخريطة . ثـــم تقدر درجة الانحدار الظاهري لهذه الانحدارات أثناء الابصار المجسم للـــصور الجوية ، كما تحسب درجة الانحدار الحقيقي لنفس هذه الانحدارات أثـــناء الابـــصار المجـــسم للـــصور الجـــوية ، كما تحسب درجة الانحدار الحقيقـــي لـــنفس هـــذه الانحدارات من الخريطة الكنتورية . وتطبق درجتي الانحـــدار الظاهرية والحقيقية على الرسم البياني اللوغاريتمي وبالتالي يمكن معرفة مقدار المبالغة الرأسية .

## معامل زيادة العمق :

نلاحـــظ أنـــنا باســـتعمال الصور للابصار المجسم نحصل على تأثير المجسم أكثر بكثير من الحصول عليه فى الطبيعة ، فبالنظر الطبيعى يتلاقى أى شعاعين ساقطين من نقطة على العينين فى زاوية معينة ، فى حين أننا لو اســـتخدمنا التصوير فإننا نأخذ الصورتين على مسافة أكبر بكثير من المسافة بـــين العينـــين أى أن أى شعاعين خارجين من نقطة إلى مركزى التصوير سيتقابلان على زاوية التقابل ٠

هذا معناه زيادة التأثير فى البعد العمودى أى زيادة العمق الذى يمكننا من الحكم عليه فى الصورة عنه فى الطبيعة ٠

وتـــتوقف زيادة التأثير فى البعد العمودى أى زيادة العمق على عاملين أساســـيين العامـــل الأول هو نسبة القاعدة الجوى إلى ارتفاع الطيران وهى ( ق / ع ) ، والعامـــل الثانى هو نسبة المسافة بين العينين إلى البعد البؤرى لعدســـة المجـــسم وهـــى ( ب١ / ع١ ) وبإدماج هذين العاملين نحصل على معامل التجسيم الكلى أو معامل زيادة العمق أو معامل التكبير الرأسى ، هذا ويؤخذ المقدار ( ب١ / ع١ ) = ٠,١٥ وهو مقدار ثابت تقريبا ٠

ومعامـــل زيـــادة العمـــق أو معامـــل التجسيم معناه أنه لو كان لدينا معامـــل العمـــق هـــو ١,٤٠ فمعنـــى ذلـــك أن ارتفاع مبنى ١٠٠ متر فى الطبيعة يظهر تحت الاستريوسكوب وكأنه بارتفاع ١٤٠ متر بالنسبة للمعالم الأخرى فى الصورة ٠

$$\text{م ز} = \frac{\text{ق}}{\text{ع}} \times \frac{\text{ع}_{١}}{\text{ب}_{١}}$$

حيث :

م ز = معامل زيادة العمق .

ق = خط القاعدة الجوى .

ع = ارتفاع الطيران .

**معامل زيادة العمق التقريبى بدلالة البعد البؤرى ومقاسات الصور :**

يحسب دائما معامل زيادة العمق فى النماذج الاستريوسكوبية للحكم على دقة قراءة النموذج وللدقة فى قراءة بياناته ، هذا ويجب ألا تتعدى قيمة هذا المعامل عن ٤ وإلا اعتبرت المعلومات المأخوذة من التجسيم غير صحيحة نسبيا ، وكما سبق وأن بينا فإن معامل زيادة العمق ( م ز ) يتم حسابه من المعادلة السابقة ، إلا أنه أحيانا قد لا نستطيع تعيين طول خط القاعدة من المعلومات التى لدينا لذا يمكن تحويل المعادلة السابقة بدلالة البعد البؤرى ومقاسات الصور وذلك على النحو التالى :

$$\text{م ز} = \frac{\text{و}}{\text{ف}} \left( ١ - \text{ت} \right) \left( \frac{\text{ع}_{١}}{\text{ب}_{١}} \right)$$

**مثال ( ٨٣ ) : احسب معامل زيادة العمق لصورة رأسية جوية أخذت بكاميرا بعدها البؤرى ١٥٠ مم ، ومقاسات الصور ٢٢,٥ × ٢٢,٥ سم علما بأن التداخل هو ٦٠ % ، اعتبر ( $\text{ب}_{١}$ / $\text{ع}_{١}$ ) = ٠,١٥ .**

**الإجابة :**

$$\text{م ز} = \frac{\text{و}}{\text{ف}} \left( ١ - \text{ت} \right) \left( \frac{\text{ع}_{١}}{\text{ب}_{١}} \right)$$

$$\text{م ز} = \frac{٢٢٥}{١٥٠} \left( ١ - ٠,٦٠ \right) \left( \frac{١}{٠,١٥} \right)$$

= ٤ مرة

**مثال ( ٨٤ ) :** فى المثال السابق كان معامل زيادة العمق هو ٤ وهو الحد الأقصى لقيمته فإذا أريد جعله ٢ بالتغيير فى الكاميرا الجوية فعين ف للآلة الجديدة :

**الإجابة :**

$$\text{م ز} = \frac{\text{و}}{\text{ف}} \left( \text{١} - \text{ت} \right) \left( \frac{\text{ع}_{\text{١}}}{\text{ب}_{\text{١}}} \right)$$

$$\text{٢} = \frac{\text{٢٢٥}}{\text{ف}} \left( \text{١} - \text{٠,٦٠} \right) \left( \frac{\text{١}}{\text{٠,١٥}} \right)$$

ومنها ف = ٣٠٠ مم

**مثال ( ٨٥ ) :** إذا كان معامل زيادة العمق فى مجسم هو ٣ وكانت الصورة رأسية مأخوذة على ارتفاع ١٥٠٠ متر فعين طول خط القاعدة الجوى ( اعتبر $\text{ب}_{\text{١}} / \text{ع}_{\text{١}}$ = ٠,١٥ ) .

**الإجابة :**

$$\text{م ز} = \frac{\text{ق}}{\text{ع}} \times \frac{\text{ع}_{\text{١}}}{\text{ب}_{\text{١}}}$$

ق = ٣ × ٠,١٥ × ١٥٠٠ = ٦٧٥ متر

**مثال ( ٨٦ ) :** عين معامل زيادة العمق فى مجسم صورة مأخوذة على ارتفاع ١٢٠٠ متر وطول خط القاعدة الجوى ٥٤٠ متر ( اعتبر $\text{ب}_{\text{١}} / \text{ع}_{\text{١}}$ = ٠,١٥ ) .

**الإجابة :**

$$\text{م ز} = \frac{\text{ق}}{\text{ع}} \times \frac{\text{ع}_{\text{١}}}{\text{ب}_{\text{١}}}$$

م ز = ( ٥٤٠ × ١٠٠ ) / ( ١٢٠٠ × ١٥ ) = ٣

**مثال ( ٨٧ )** يراد عمل صور جوية رأسية على ارتفاع ١٤٠٠ متر باستعمال آلة تصوير بعدها البؤرى ١٧٥مم ، وأبعاد اللوح السالب ٢٠ × ٢٠ سم ، عين قيمة التداخل الطولى الواجب أخذه بحيث

لا يــتعدى معامــل زيــادة العمــق فــى مجــسم مــن هــذه الصورة ٣ ( اعتبر $ب_١$ / $ع_١$ = ٠,١٥ ) ٠

الإجابة :

$$م ز = \frac{ق}{ع} \times \frac{ع_١}{ب_١}$$

ق = ( ٣ × ١٤٠٠ × ١٥ ) / ( ١٠٠ ) = ٦٣٠ متر

مــثال ( ٨٨ ) : عــين معامل زيادة العمق فى مجسم صورة مأخوذة على ارتفــاع ١٥٠٠ متــر وطــول خــط القاعــدة الجوى ٥٥٠ متر ( اعتبر $ب_١$ / $ع_١$ = ٠,١٥ ) ٠

الإجابة :

$$م ز = \frac{ق}{ع} \times \frac{ع_١}{ب_١}$$

م ز = ( ٥٥٠ × ١٠٠ ) / ( ١٥٠٠ × ١٥ ) = ٢,٤٤

مــثال ( ٨٩ ) : يــراد عمل صورة جوية رأسية على ارتفاع ١٥٠٠ متر باستعمال آلة تصوير بعدها البؤرى ٢٠٠مم ، وأبعاد اللوح السالب ٢٥ × ٢٥ ســم ، عين قيمة التداخل الطولى الواجب أخذه بحيث لا يتعدى معامل زيادة العمق فى مجسم من هذه الصورة ٣ ( اعتبر $ب_١$ / $ع_١$ = ٠,١٥ ) ٠

الإجابة :

$$م ز = \frac{ق}{ع} \times \frac{ع_١}{ب_١}$$

٣ = ( ق × ١٠٠ ) / ( ١٥٠٠ × ١٥ )

ق = ( ٣ × ١٥٠٠ × ١٥ ) / ( ١٠٠ ) = ٦٧٥ متر

$$\text{ولكن لدينا ق} = \frac{\text{و ( ١ – ت ) ع}}{\text{ف}}$$

$$\text{٦٧٥ متر} = \frac{\text{٢٥ ( ١ – ت ) ١٥٠٠}}{\text{٢٠}}$$

$$\text{( ١ – ت )} = \frac{\text{٢٠} \times \text{٦٧٥ متر}}{\text{٢٥} \times \text{١٥٠٠}} = \text{٠,٣٦}$$

( ١ – ت ) = ٠,٣٦

∴ ت = ١ – ٠,٣٦ = ٦٤ %

**خامسا : قياس الارتفاعات من الصور الجوية :**

تعتبـــر عملـــية القياس من الصور الجوية المجسمة من أهم العناصر اللازمـــة لإنـــتاج الخرائط الكنتورية والطبوغرافية . ويهتم الجغرافي أثناء دراسته لأزواج الصوراستيوسكوبيا ، بالحصول على بعض القياسات الخاصة بالظاهـــرات الطبيعـــية التـــي يـــراها مجـــسمة ، مـــثل الفرق في مناسيب هذه الظاهرات بالنسبة لبعضها أو تحديد درجات انحدارها مثل جوانب التلال أو الأودية أو المجاري المائية ... الخ.

وتعـــتمد طرق القياس من الصور الجوية أساساً على نظريات الابتعاد Parallax ويعتبـــر قـــضيب الابتعاد Parallax bar أو Sterometer من الأجهزة الشائعة الاستخدام لهذا الغرض.

**الابـتعاد المطلق وفرق الابـتعاد :**

*١– الابتعاد المطلق :*

الابـــتعاد المطلـــق هـــو الاختلاف النسبى بين موقع صورة نقطة فى صـــورتين متتاليتين فى اتجاه الطيران ( اتجاه المحور السينى ) وهو موجب دائمـــا وهـــو يستخدم لايجاد مناسيب النقط المختلفة ، ويلاحظ أنه كلما زاد ارتفـــاع الـــنقطة زاد الابـــتعاد المطلـــق لها ، ولتوضيح ذلك: ضـع قلماً في

وضـــع رأســـي على بعد حوالي متر واحد أمامك . أنظر إليه بالعين اليمنى فقــط وحدد مكانه بالنسبة لعلامة على الحائط . ثم أنظر إليه بالعين اليسرى فقــط ( دون تحــريك القلــم ) ، نلاحظ أن موقعه على الحائط قد انتقل نحو اليمين بالنسبة لموقعة الأول . وفي الصورة الجوية تمثل أماكن التصوير نقط الابــصار المتغيرة ، ويكون الفرق الظاهري لموقع أي نقطة على صورتين متتاليين هو ابتعاد هذه النقطة .

| الابتعـــاد المطلـــق لأى نقطـــة أ = $ح_١ = \frac{ق \times ف}{ع - ل_١}$ |
|---|

أى أن فــرق المنسوب يمكن الحصول عليه من المعادلة الآتية بدلالة الابتعاد :

$$ل_١ = ع - \frac{ق \times ف}{ح}$$

كمــا يمكــن تحديــد الاحداثــيات الأرضــية للنقط المختلفة من واقع الاحداثيات التصويرية والابتعاد المطلق لها من العلاقة :

$$س_{أرضى} = س_{تصويرى} \times \frac{ق}{ح}$$

$$ص_{أرضى} = ص_{تصويرى} \times \frac{ق}{ح}$$

**مــثال ( ٩٠ ) : المــسافة الأفقــية بين محطتى التقاط صورتين متتاليتين عيــنت من المسافة المقاسة بين النقطتين الأساسيتين على خريطة الطيران فــوجدت ٦٠٠ متــر ، ارتفــاع الطيــران فــوق مــستوى المقارنــة ٦٥٠٠ متــر ، البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٥٠ سم ، احداثيات نقطة ( أ ) قمــة تــل كمــا قيــست من الصورة ( أ ) هى $س_١$ = + ١٠٠مم ، $ص_١$ = + ٣٠ متــر ، وفــى الــصورة ( ٢ ) $س_٢$ = + ٥٠ مــم ، أوجد إحداثــيات أ بالنــسبة لــنقطة النظير الأرضية فى الصورة ( ١ ) ، وكذلك ارتفاع أ فوق مستوى المقارنة .**

**الإجابة :**

ح أ = ١٠٠ – ٥٠ = ٥٠ مم

$$\text{وبذلك تكون س ارضى} = \frac{+\ ١٠٠ \text{ مم} \times ٦٠٠ \text{ متر}}{٥٠ \text{ مم}} = ١٢٠٠ \text{ متر}$$

$$\text{وبذلك تكون ص ارضى} = \frac{+\ ٣٠ \text{ مم} \times ٦٠٠ \text{ متر}}{٥٠ \text{ مم}} = ٣٦٠ \text{ متر}$$

ولايجاد ارتفاع أ فوق مستوى المقارنة أى قيمة $ل_{أ}$ نستخدم المعادلة :

$$ل_{أ} = ع - \frac{ق \times ف}{ح}$$

$$ل_{أ} = ٦٥٠٠ - \frac{٦٠٠ \times ٠,٥٠}{٠,٠٥ \text{ متر}}$$

$ل_{أ}$ = ٦٥٠٠ – ٦٠٠٠ = ٥٠٠ متر

## ٢- *فرق الابتعاد :*

فـرق الابتعاد ( Δ ح ) ينشأ نتيجة اختلاف منسوب نقطتين ظاهرتين فـي زوج من الصور الجوية المتداخلة ( Δ ح ) . وهو السبب الأساسي في شـعورنا بالبعد الثالث – أي الابصار المجسم – عند النظر لهذا الزوج من الـصور الجـوية . كما أنه العنصر الأساسي الذي يستعمل لإيجاد مناسيب الظاهـرات والأهـداف المختلفة في الصورة الجوية ورسم خطوط الكنتور سواء بالحساب أو بأجهزة الابصار المجسم .

أى أن فـرق الابـتعاد بـين نقطتـين هو ناتج طرح الإبتعاد المطلق للـنقطة الأعلـى فـى المنسوب مطروحا منه الابتعاد المطلق للنقطة الأقل

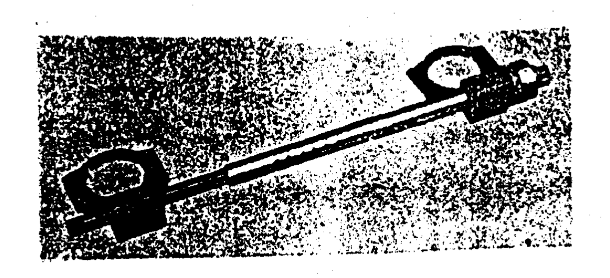
فى المنسوب ، فإذا كان ابتعاد النقطة الأكبر هو ح ب ، وابتعاد النقطة الأقل هو ح ا يكون :

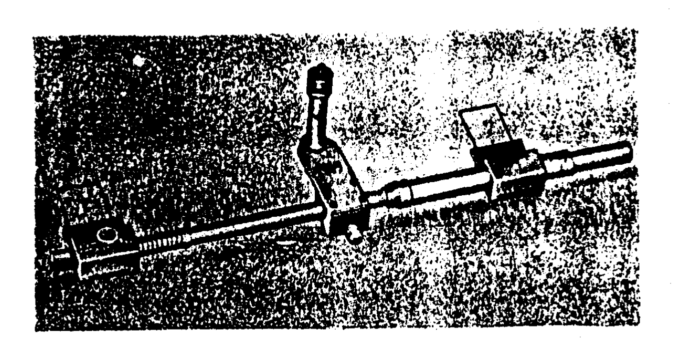
$\Delta$ ح = ح ب − ح ا

ويـــستخدم قضيب الابتعاد ( أو قضيب البرلاكس) لقياس فرق الابتعاد مباشـــرة للـــنقط الموجودة في أزواج الصور الجوية . ويتركب من قضيب معدني رئيسي مركب عليه شريحتان من الزجاج محفور في مركز كل منهما علامـــة مميـــزة ، قد تكون نقطة أو دائرة صغيرة أو تقاطع (+) والشريحة اليسرى مثبتة بالقضيب أما الشريحة اليمنى فتنزلق عليه بواسطة ميكرومتر تصل دقته إلى ٠,٠١ من المليمتر.

وإذا نظـــرنا إلى هاتين العلامتين بواسطة المجسم فإنهما تندمجان معاً وتكـــوناً علامـــة واحدة تسمى بالعلامة العائمة Floating Mark ذلك أنها تظهـــر وكأنهـــا تعوم في مستوى أفقي ثابت إذا حركنا قضيب الابتعاد ( مع مـــراعاة أن يكون القضيب دائماً موازياً لقاعدة ابصار المجسم ) فإذا حركنا الميكرومتر ليزيد من فرق ابتعاد العلامتين أو يقلل منها ، ونظرنا مرة أخرى إلـــيهما بالمجسم ، نجد أن المستوى الأفقي للعلامة العائمة قد تغير إلى أسفل أو إلى أعلى من المستوى السابق .

وجديـــر بالذكـــر أن القراءات الموجودة على قضيب الابتعاد لا تمثل القـــياس المطلـــق لمـــسافة الانفـــصال ، بـــل هـــي عبارة عن قياس نسبي بـــين مـــسافتين ، لأن العبـــرة هـــنا بفـــرق الابتعاد ، فالفرق بين مسافتي الانفـــصال لنقطتين هو الذي يمثل قياساً مطلقاً وقيمته تساوي فرق القراءتين على قضيب الابتعاد .





قضيب البرلكس

**كيفية قياس الابتعاد المطلق عمليا :**

( ١ ) نـضع الصورتين تحت الاستريوسكوب ، ونوجههما التوجيه الأساسى ( أى تقع مراكز الصور على خط مستقيم واحد ) .

( ٢ ) نـضع جهـاز قضيب البرالاكس بحيث تكون العلامة الموجودة على الـشريحة الـزجاجية الثابـتة فوق صورة النقطة المطلوبة فى الصورة اليسرى ( تحت جهاز الاستريوسكوب ) .

( ٣ ) نتحـرك بالميكرومتـر حتـى تتطبق العلامة الموجودة على الشريحة الـزجاجية المتحـركة على صورة النقطة المطلوبة فى الصورة اليمنى ونأخذ قراءة الميكرومتر ( و ) .

( ٤ ) يكون الابتعاد المطلق للنقطة المطلوبة ح :

$$ح = ث + و$$

حيث .... ث = ثابت قضيب البرالاكس .

**كيفية تعيين ثابت البرالاكس عمليا :**

( ١ ) بعـد توجيه الصورتين تحت جهاز الاستريوسكوب التوجيه الأساسى نستطيع قياس الإبتعاد المطلق لمركز الصورة الأولى من الصورة الثانية ( $ح_{ص١}$ ) ويمكن أيضا قياس الإبتعاد المطلق لمركز الصورة الثانية من الصورة الأولى ( $ح_{ص٢}$ ) .

( ٢ ) نـضع قـضيب البـرلكس بحيث تقع العلامة على الشريحة الزجاجية الثابـتة على ( $ص_١$ ) فى الصورة الأولى ، ونتحرك بالميكرومتر حتى ينطـبق العلامـة علـى الشريحة الزجاجية المتحركة على ( $ص_١$ ) فى الصورة الثانية ، ونأخذ قراءة الميكرومتر فى هذه الحالة ( $و_{ص١}$ ) وبذلك نستطيع تعيين الثابت :

$$ث_١ = ح_{ص١} - و_{ص١}$$

( ٣ ) نكـرر نفس العمل السابق مع مركز الصورة الثانية حتى نحصل على قراءة الميكرومتر لها ( $و_{ص٢}$ ) ونعين الثابت :

$$ث_٢ = ح_{ص٢} - و_{ص٢}$$

( ٤ ) يكون ثابت الجهاز هو المتوسط بينهما :

$$ث = ( ث_١ + ث_٢ ) / ٢$$

## العلاقة بين فرق الابتعاد وفرق المنسوب :

تمثل المعادلة الآتية العلاقة الرياضية بين فرق الابتعاد بين نقطتين وبين الفرق في منوسبهما :

$$\Delta ل = \frac{ع \times \Delta ح}{ق م + \Delta ح}$$

حيث Δ ل : الفرق بين منسوبي النقطتين

ع : ارتفاع الطائرة عن منسوب النقطة المعلومة .

ق م : طول خط القاعدة الجوية حسب مقياس الرسم عند منسوب النقطة المعلومة .

Δ ح : فرق الابتعاد بين النقطتين مقاساً بقضيب الابتعاد .

**مثال ( ٩١ ) : إذا كان طول القاعدة الجوى مقاسا بمقياس رسم الصورة ١٥٠ مم ، وفرق الابتعاد من صورتين لهدفين مختلفين هو ٥ مم ، عين فرق المنسوب بين الهدفين إذا كان ارتفاع الطيران ٥٠٠٠ متر فوق المنسوب المتوسط لسطح الأرض .**

**الإجابة :**

$$\Delta ل = \frac{ع \times \Delta ح}{ق م + \Delta ح}$$

$$= ٥٠٠٠ \times \left( \frac{٥}{١٥٠ + ٥} \right) = ١٦١,٣ \text{ متر}$$

**مثال ( ٩٢ ) إذا كان ارتفاع الطيران فوق سطح الأرض ٦٠٠٠ متر ، وطول خط القاعدة الجوى مقاسا بمقياس رسم الصورة ١٠٠ مم ، عين فرق الابتعاد لنقطتين ظاهرتين فرق منسوبيهما هو ١٢٠ متر .**

**الإجابة :**

$$\Delta ح = \frac{ق م \times \Delta ل}{ع + \Delta ل}$$

$$= \left( \frac{١٠٠ \times ١٢٠}{٦٠٠٠ + ١٢٠} \right) = ٢,٠٤ \text{ مم}$$

**مثال ( ٩٣ ) : زوج من الصور الجوية المتتالية ، أبعادهما ٢٥ × ٢٥ سم بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠٠ ونسبة التداخل الطولي بينهما ٧٠ % والبعد البؤري لعدسة آلة التصوير ٣٠ سم ، وتتراوح مناسيب سطح الأرض بين مستوى سطح البحر، ٥٠٠ متر . يظهر فيها صورة برج لتقوية الارسال اللاسلكي منسوب قاعدته ٢٠٠ متراً فوق سطح البحر. ولإيجاد ارتفاع هذا البرج قيس ابتعاد قاعدته ( ح أ ) بقضيب الابتعاد فكانت ٥,١٠ ملليمترات ، كما قيست ابتعاد قمته ( ح ب ) وكانت ٥,٩٠ ملليمترات. فكم يبلغ ارتفاع هذا البرج .**

**الإجابة:**

١- ارتفاع الطائرة عن قاعدة البرج :

ارتفاع الطائرة عن سطح البحر ( ع )

= ( م × ف ) + هـ

$$= ( ٢٥٠٠٠ \times ٠,٣٠ ) + \frac{صفر + ٥٠٠}{٢}$$

= ٧٥٠٠ + ٢٥٠

= ٧٧٥٠ متراً.

∴ ارتفاع الطائرة عن قاعدة البرج.

= ٧٧٥٠ - ٢٠٠

= ٧٥٥٠ متراً.

٢- طول خط القاعدة عند منسوب قاعدة البرج:

طول خط القاعدة عند سطح البحر

ق م = و × ( ١ - ت )

= ٢٥ × ( ١ - ٠,٧٠ )

= ٧,٥ سم .

( لاحظ إهمال مقياس الرسم في هذه المعادلة لأن المطلوبة طول خط القاعدة على الصورة الجوية وليس على الطبيعة).

∴ طول خط القاعدة عند منسوب قاعدة البرج

$$= ٧٥ \times \frac{٧٧٥٠}{٧٥٥٠}$$

= ٧٦,٩٩ ملليمتر

٣- فرق الابتعاد بين النقطتين:

$\Delta$ ح = ح ب – ح ا

= ٥,٩٠ – ٥,١٠

= ٠,٨٠ ملليمتر .

٤- منسوب قمة البرج :

فرق المنسوب

ل" = $\frac{ع \times \Delta ح}{ق م + \Delta ح}$

= $\frac{٧٥٥٠ \times ٠,٨٠}{٧٦,٩٩ + ٠,٨٠}$

= ٧٧,٦٤ متراً

∴ منسوب قمة البرج

= ٢٠٠ + ٧٧,٦٤

= ٢٧٧,٦٤ متر فوق سطح البحر

مـثال ( ٩٤ ) وضعت صورتان رأسيتان متعاقبتان تحت الاستريوسكوب ، وقـد عمـل التوجيه الصحيح اللآزم لهما ، وكانت قراءة قضيب البرالاكس عـند تثبـيت العلامــة العائمة على مركزى الصورتين ( ص١ ) اليسرى ، ( ص٢ ) اليمنـى ، هى ١٢,٦٦ مم ، ١٣,٠٢ مم على الترتيب ، فإذا كان الابـتعاد المطلـق لمركز الصورة الأولى كما قيست من الصورة اليمنى هو ٩٣,٩٩٤ مـم ، والابـتعاد المطلـق لمركز الصورة الثانية كما قيست من الـصورة اليـسرى هـو ٩٤,٠٣ مم – وكانت قراءة الميكرومتر لقضيب البرالاكس عند نقطتين ظاهرتين فى كل من الصورتين أ ، ب هى ١٢,٤ مم ، ١٦,٦ مم عين منسوب كلا من أ ، ب لأقرب متر علما بأن الطائرة على ارتفـاع ١٦٠٠ متـرا وطول خط القاعدة الجوى هو ٥٨٠ مترا ، والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير المستخدمة هو ١٥٤مم .

الإجابة :

ث١ = ح س١ – و س١

= ٩٣,٩٩٤ – ١٢,٦٦ = ٨١,٣٣٤

ث٢ = ح س٢ – و س٢

= ٩٤,٠٣ – ١٣,٠٢ = ٨١,٠١

ث = ( ث١ + ث٢ ) / ٢

= ( ٨١,٣٣٤ + ٨١,٠١ ) / ٢ = ٨١,١٧٢

ح ا = ث + و ا = ٨١,١٧٢ + ١٢,٤ = ٩٣,٥٧٢ مم ٠

ح ب = ث + و ب = ٨١,١٧٢ + ١٦,٦٠ = ٩٧,٧٧٢ مم ٠

$$ل_{ا} = ع - \frac{ق \times ف}{ح_{ا}}$$

$$ل_{ا} = ١٦٠٠ - \frac{٥٨٠ \times ١٥٤}{٩٣,٥٧٢}$$

ل ا = ١٦٠٠ – ٩٥٤,٥٦ = ٦٤٥,٤٤ متر

ولايجاد ارتفاع أ فوق مستوى المقارنة أى قيمة ل ا نستخدم المعادلة :

$$ل_{ب} = ع - \frac{ق \times ف}{ح_{ب}}$$

$$ل_{ا} = ١٦٠٠ - \frac{٥٨٠ \times ١٥٤}{٩٧,٧٧٢}$$

ل ا = ١٦٠٠ – ٩١٣,٥٥ = ٦٨٦,٤٥ متر

## مصادر الأخطاء في قياس فرق الابتعاد :

**١- الدقة في التوجيه الصحيح للصـــور:**

إن عـــدم وضــــع أزواج الصور تحت المجسم موجهة توجيها أساسياً صـــحيحاً ، ينـــتج عنه ابتعادا رأسياً . إذ يجب أن يكون الخط الواصل بين محطتي التقاط الصورتين (خط الطيران) على استقامة تامة وموازياً للقاعدة البـــصرية للجهـــاز . وبذلك يكون الخط الواصل بين أي نقطتين متناظرتين على الصورتين موازياً للقاعدة البصرية ويتلاشى الابتعاد الرأسي.

**٢- عدم ثبات ارتفاع الطيران:**

**في بعض الأحيان ، قد يكون ارتفاع الطيران أثناء التصوير غير ثابت ، مما ينشأ عنه أن الصورتين قد يتم تصويرهما من ارتفاعين مختلفين للطائرة ، الأمر الذى يؤدي إلى وجود فرق في الابتعاد الرأسي للأهداف ، نتيجة لاختلاف مقياس الرسم في الصورتين، ويمكن التغلب على** ذلك بزحزحة الشريحة الزجاجية اليسرى لقضيب الابتعاد رأسياً بواسطة المسمار الخاص بهذه الحركة.

**٣- عدم رأسية الصورة الجوية:**

إذا كان بإحدى الصورتين ميل – سواء على محور خط الطيران أو عمودياً عليه – نتيجة لميل الطائرة أثناء التصوير. فإن الصورة الناتجة تمثل في حقيقتها منطقة على شكل شبه منحرف . وبالتالي ينشأ ابتعاد رأسي للأهداف المبينة بها . ولتلافي ذلك يمكن القيام بتعديل الصور بالجهاز الخاص لذلك الغرض . وعموماً فإن هذا الخطأ نادر الحدوث لأنه من المعتاد القيام بتعديل الصور التي يحدث فيها مثل هذا الميل قبل طبعها .

**٤- الدقة في الابصار المجسم :**

تعتمد قدرة الجغرافي على وضع العلامة العائمة لقضيب الابتعاد على مكان محدد على سطح الأرض ( في النموذج المجسم ) على مهارته وحساسيته الاستريوسكوبيه . وكلما كان دقيقاً في ملامسة العلامة العائمة على الهدف المطلوب قياس ابتعاده ، كلما كانت النتائج أفضل . ونتائج القياس الممتازة هي التي تبلغ دقتها ٠,٠١ من المليمتر. وبقليل من التمرين يستطيع الجغرافي أن يصل إلى دقة تقل عن ٠,٠٥ ملليمتر وهي الحد الأقصى المسموح به .

ولتوضيح ذلك : يفرض أن هناك خطأ في قراءة فرق الابتعاد لنقطة ما على زوج من الصور الجوية يبلغ ٠,٠١ ملليمتر ، فإن ذلك يعني تغيراً في المنسوب ( فرق الارتفاع ) يعتمد في قيمته على مقياس رسم الصور الجوية ، وكذلك على البعد البؤري لعدسة آلة التصوير.

**مـــثال ( ٩٥ ) : أوجد فارق المنسوب فى صورتين جويتين الأولى بمقياس ١ : ٣٠٠٠٠ ، والثانـــية بمقـــياس رسم ١ : ٤٠٠٠٠ إذا كان الخطأ فى قـــراءة فرق الابتعاد فى الحالتين ٠,٠٢ ملليمتر ، البعد البؤري لعدسة آلة التصوير ٣٠ سم ، طول خط القاعدة الجوية على الصورتين ٥٠ ملليمتر.**

**الإجابة :**

[أ] الصور الجوية بمقياس ١ : ٣٠٠٠٠

ارتفاع الطيران (ع) = م × ف

= ٣٠٠٠٠ × ٠,٣٠

= ٩٠٠٠ متر.

فرق الارتفاع :

(Δ ل ) = (ع × Δ ح) ÷ (ق م × Δ ح)

= (٩٠٠٠ × ٠,٠٢) ÷ (٥٠ + ٠,٠٢)

= ٣,٦٠ متر

[ب] الصور الجوية بمقياس ١ : ٤٠٠٠٠

(Δ ع ) = ٤٠٠٠٠ × ٠,٣٠

= ١٢٠٠٠ متر

، Δ ل = (١٢٠٠٠ × ٠,٠٢) ÷ (٥٠ + ٠,٠٢)

= ٤,٨٠ متر

أي أن الخطأ الناتج عن فرق ابتعاده قدره ٠,٠٢ ملليمتر يسبب خطأ في المنسوب قدره متر واحد في الصورة مقياس ١: ٣٠٠٠٠ ويرتفع هذا الخطأ إلى ٢,٥ متراً في الصورة الجوية بمقياس ١: ٤٠٠٠٠ .

## سادسا : رسم الخرائط من الصور الجوية

ان الصور الجوية يمكن أن توجه توجيها أساسيا ثم نحصل منها على خرائط مستوية بطرق تخطيطية ، إلا أن استعمال الأجهزة البصريات والآلية تسهل كثيرا العمل ، ونذكر هنا بعض الطرق التي يمكن للجغرافي استخدامها

لإنـــتاج خـــرائط من الصـور الجوية ، وقد روعي في هذه الطرق أن تكون بسيطة الأجزاء ويسهل استخدامها دون ما حاجة إلى دراسات فوتوجرامترية مـــتطورة ، كما تعتمد على بعض الأجهزة المناسبة البسيطة التركيب والتي يمكن توافرها لهذا الغرض.

١- *النقل اليدوي* :

يمكـــن إنـــتاج خـــرائط مـــستوية – تبين المعالم والتفاصيل الموجودة بالـــصورة مثل مجاري الأنهار والأودية والطرق بأنواعها وحدود الأحواض والحقول الزراعية والمباني ومواقع الأبراج وغيرها من الظاهرات المختلفة التـــي تظهر في الصورة الجوية وبنفس مقياس رسم هذه الصور، وذلك على النحو التالي :

أ- تجهيز لوح من الورق الشفاف ( تسمى لوحة التجميع ) تتناسب مساحتها مـــع مـــساحة المـــنطقة المطلـــوب نقلها ، بمقياس رسم الصور الجوية الموجودة للمنطقة .

ب- يحـــدد على كل صورة جوية النقط الرئيسية الثلاث ، والتي تمثل مركز الصورة ذاتها ومركز الصورة السابقة لها ، ومركز الصورة التالية لها ، كما يحدد على كل صورة أربعة أهداف – تسمى نقط الربط – اثنان على يمـــين خـــط الطيران واثنان على يساره ، بحيث يظهر هدفان منهما مع الصورة السابقة ، والآخران مع الصورة التالية أي يظهران فيهما.

ت- توضع الصورة الأولى في مكان مناسب تحت الشفافة ، ويتم توقيع النقط الرئيـــسية ونقـــط الربط السابق تحديدها في الخطوة السابقة ، ثم توضع الـــصورة التـــي تلـــيها وتحـــرك الـــشفافة علـــيها حتـــى تنطبق النقط السابق توقيعها من الصورة الأولى على نظيرتها التى تظهر فى الصورة الثانـــية ، ويتم توقيع النقط الرئيسية ونقط الربط الجديدة ، وهكذا يستمر العمـــل في باقي الصور، حتى يتم توقيع كل النقط الرئيسية ونقط الربط على الشفافة "لوحة التجميع".

ث- إذا كانت هناك خرائط سابقة للمنطقة المطلوب رسمها من الصور الجوية ، يستحـــسن في هذه الحالة مقارنة لوحة التجميع التي تم الحصول عليها بهـــذه الخـــريطة لاكتـــشاف مـــا إذا كانت الأهداف الموقعة من الصور الجـــوية علـــى لوحة التجميع تتفق مع نظيرتها التي تظهر في الخريطة الأصـــلية . وإذا كـــان هناك اختلاف كبير في مواقع بعض هذه الأهداف (نقطـــة الـــربط) – يتم اختيار موقع وسط مناسب بين الخريطة الأصلية ولـــوحة التجمـــيع . ويعتمد ذلك على قدرة ومهارة وخبرة الجغرافي في تعديل مثل هذه الأخطاء.

ج- نثـــبت الـــصورة الأولى – مرة أخرى – على المنضدة ، وتوضع فوقها لوحة التجميع – بعد تصحيحها إلى أن تنطبق النقط الرئيسية ونقط الربط علـــى نظائـــرها الموجودة في الصورة . ثم تبدأ عملية شف المعلومات والأهداف والظاهرات الطبوغرافية المطلوب توقيعها . ويقتصر ذلك على المنطقة التي بين نقط الربط فقط . توضع الصورة التالية ويتم إجراء ما سبق اجراؤه في الصورة الأولى ، وهكذا في باقي الصور .

وجدير بالذكر أن هذه الطريقة ، رغم بساطتها وعدم حاجتها إلى أجهزة مساعدة فإنها تعطي نتائج جيدة إذا كانت المنطقة تتميز باستواء السطح تقريباً ، أو أن يكـــون الفـــرق بين المناسيب فيها صغير ، كذلك إذا كانت الصور الجوية المستخدمة رأسية تماماً حتى تتلاشى مشكلة ازاحة مواقع النقط بسبب اخـــتلاف المنسوب أو الميل ، أما إذا كان هناك تفاوت كبير في المناسيب أو وجود ميل ببعض الصور، أو إذا كان هناك اختلاف واضح بين مقياس رسم الخـــرائط الموجودة للمنطقة ومقياس رسم الصور الجوية ، فمن الأفضل في هذه الحالة استعمال الأجهزة .

٢-*النقل بواسطة الأسكتش ماستر* Sketchmaster :

وهـــو جهـــاز يـــستخدم لرســـم الخـــرائط المـــستوية ذات مقايـــيس الرســـم الـــصغيرة ، والتي يمكن استعمالها في مراجعة ( تحقيق ) الخرائط الموجودة أصلاً .

ويتركب هذا الجهاز من قائم رأسي يتحرك عليه حامل الصورة وبنفس ذراع الحامل منشور مزدوج موضوع أمام الصورة أحد أوجهه مرآة نصف شـفافة ، والآخـر مـرآة والجهاز يمكن خفضه أو رفعه على حامله لتغيير مقياس رسم الصورة الناتجة ، ولضبط نقط الصورة مع نقط الربط الأرضية المقابلـة لهـا الموقعة على لوحة الرسم الموضوعة على المنضدة ، ويمكن إمالـة الجهـاز بواسطة مسامير خاصة للتخلص من تأثير الميول البسيطة ، وبـذلك تكون الخريطة كلها بمقياس رسم واحد ، ويوجد أيضا عدسات ذات قوى مختلفة يمكن وضع أى منها تحت المرآة النصف شفافة إذا كان مقياس الرسم المطلوب غير ١ : ١ ٠

وبالنظـر خـلال عينـية المنشور المزدوج ترى العين صورتين فوق بعـضهما أحـدهما من ورقة الرسم التى ستوقع عليها الخريطة والثانية من الـصور المثبـتة بالجهـاز ، نمرر القلم على اللوحة على حدود التفاصيل فنحصل على الخريطة المطلوبة ٠

وفـي جهاز زايس يمكن الحصول على خريطة بمقياس من ٠,٤٠ إلى ٢,٨ بالنسبة للصورة الأصلية ٠

ولاسـتخدام الجهاز : تثبت الصورة على الحامل الخاص بها ، ويوجه ضـوء "المـصباح المثبت بذراع المنشور نحو الصورة الجوية . ننظر من الثقب الموجود في قاعدة "المنشور فنلاحظ اسقاط ضوئي للصورة الجوية على لوحة الرسم ، يعتمد في درجة وضوحه على درجة الاظلام في الحجرة ، إذ يـزداد وضوحه كلما كانت الغرفة أكثر اظلاما . وتوضح ورقة الرسم على اللوحة لتستقبل الاسقاط الضوئي للصورة الجوية .

كمـا يمكـن اسـتقبال الاسقاط الضوئي للصورة الجوية على خريطة تـشمل المـنطقة التـي تمـثلها الـصورة . ثـم ضبط الجهاز مع مقياس رسم الخريطة ، مع استخدام العدسات في حالة اختلاف مقياس رسم الخريطة عـن مقـياس رسم الصورة الجوية . وتلعب نقط الربط التي يمكن اختيارها في الصورة الجوية والتي تظهر أيضاً في الخريطة ، دوراً كبيراً في المعاونة على تطابق مسقط الصورة على الخريطة ، بعد ذلك يتم نقل المعالم المطلوب توقيعها على الخريطة .

والاسكتش ماستر جهاز بسيط التركيب ، يمكن للجغرافي استخدامه مباشرة . إذ لا يحتاج إلى مهارة خاصة أو خبرة سابقة في استخدامه ويعطي نتائج جيدة إذا كانت المنطقة المطلوب رسم خريطة لها مستوية نسبياً . وميزة هذا الجهاز أنه يمكن تعديل الصور في حالة وجود ميل بسيط فيها فضلاً عن أنه يمكن استخدام الصور الجوية المفردة .

٣- *النقل بواسطة المجسمات ذات المرايا :*

لقد أدخلت بعض التعديلات على المجسمات ذات المرايا وقضيب الابتعاد ، وذلك بوصلهما معاً بطرق ميكانيكية ، وتأخذ هذه الأجهزة المتطورة أسماء متعددة مثل الاستريوجراف والاستريوميتر وغيرها . وكلها تعتمد على فكرة واحدة وهي تتبع العلامة العائمة مع ملامستها لسطح الأرض عند منسوب معين ، وهذا التتبع يترجم إلى خط مرسوم على اللوحة هو بالطبع خط الكنتور الذي يبين هذا المنسوب .

والشكل التالى يبين جهاز استريوميكرومتر وهو عبارة عن مجسم ذي مرايا متصل به قضيب الابتعاد ، وقضيب الابتعاد يوازي قاعدة ابصار المجسم ، والاثنان متصلان بقاعدة ثابتة ، وللجهاز قاعدة خاصة توضع عليها أزواج الصور الاستريوسكوبية ، ويمكن تحريك هذه القاعدة مع بقاء خط الطيران بالصور الجوية موازياً للمحور البصري للمحور ولقضيب الابتعاد . ومتصل بالقاعدة في جانبها الأيمن تجويف يوضع فيه القلم الرصاص في حالة ما إذا كانت الخريطة المطلوبة بنفس مقياس رسم الصور الجوية المستخدمة ، أو يوضع فيه المحور المركزي للبانتوجراف في حالة الرغبة في الحصول على خريطة ذات مقياس رسم يختلف عن مقياس رسم الصور الجوية .

ولاستخدام الجهاز في رسم الخرائط الكنتورية يجري الآتي :

أ- توضع الصورتان المتداخلتان على القاعدة الخاصة بالجهاز ، ويتم ضبط الصور استريوسكوبيا حتى يظهر النموذج المجسم لمنطقة التداخل بين الصورتين .

ب- يـــتم اختيار نقطة في النموذج المجسم معلوم منسوبها . وعادة ما تكون هــذه الــنقطة نقطــة مثلــثات أو هــدف سبق تحديد منسوبه ، وتحرك القاعــدة حتى تنطبق العلامة المحفورة على الشريحة الزجاجية اليسرى فـــي قــضيب الابــتعاد على هذه النقطة المعلومة المنسوب في الصورة اليمنـــى ، حتـــى تــصبح العلامــتان علامة واحدة ( العلامة العائمة ) وملامــسة لسطح الأرض عند هذه النقطة . وتدون القراءة على قضيب الابتعاد والميكرومتر .

ونلاحـــظ هنا أن القاعدة الموضوع فوقها الصورتان هي التي تتحرك بدلاً من حركة المجسم ذاته أو قضيب الابتعاد .

ت- يثــبت لـــوح من ورق الرسم بجوار الجهاز ، ثم يوضع القلم الرصاص فـــي مكانـــه الخـــاص بقاعـــدة الجهاز ( بفرض أن الخريطة المطلوب انــشاؤها بـــنفس مقـــياس رســم الصورة المستخدمة ) وتحرك القاعدة مع مراعاة أن تظل العلامة العائمة ملامسة دائماً لسطح الأرض ، وبذلك ينـــتج خـــط كنتور منسوبه هو منسوب هذه النقطة السابق ضبط العلامة العائمة عليها .

ث- لرســـم خط كنتور آخر أعلى أو أدنى في منسوبه ، يتم حساب الابتعاد لهذا الخط الكنتوري على أساس أن :

$$ح_{ب} = ح_{1} \pm \Delta ح$$

ابتعاد خط الكنتور الجديد = ابتعاد خط الكنتور السابق ± فرق الابتعاد

( + Δ ح في حالة المنسوب الأعلى ) .

، ( − Δ ح في حالة المنسوب الأدنى ) .

$$\Delta ح = \frac{\Delta ل \times ق م}{ع}$$

حيث Δ ل الفاصل الراسي بين كل خط كنتور وآخر .

**مـــثال ( ٩٦ ) : ثــم ضـــبط قضيب الابتعاد على منسوب ٦٠ مترا وكانت قـــراءته ٨٦ ملليمتـــرا والمطلوب رسم خطوط الكنتور كل ١٥ مترا . فك تكـــون القـــراءة الـــواجب ضبط قضيب الابتعاد عليها عند رسم خط كنتور**

٧٠ متـــراً ، علمـــاً بـــأن ارتفـــاع الطيران ٦٠٠٠ متر وطول خط القاعدة ٧٥ ملليمترا ( على الصور الجوية ) .

الإجابة :

$$\Delta ح = \frac{\Delta ل \times ق م}{ع}$$

$$= \frac{١٥ \times ٧٥}{٦٠٠٠}$$

= ٠,١٩ ملليمتر .

(أ) قراءة قضيب الابتعاد عند منسوب ٧٠ متراً .

$$ح ب = ح أ + \Delta ح$$

= ٨٦,٠٠ + ٠,١٩

= ٨٦,١٩ ملليمترا

ونلاحظ أنه من مميزات المجسم إنشاء الخرائط الكنتورية ، ولكن هذه الميـــزة تنعدم إذا كان هناك ميل في الصور الجوية ، أي أن الصور الجوية المستخدمة يجب أن تكون رأسية تماماً .

ولقـــد أدى تقدم المساحة التصويرية إلى اختراع أنواع حديثة متطورة مـــن أجهزة التوقيع الآلية الاستريوسكوبيه أخذ في الاعتبار عند تصميمها أن تقوم بعدة عمليات في آن واحد ، من أهم هذه العمليات التخلص من الميل إذا وجـــد فـــي الصور الجوية المستخدمة ، ونقل التفاصيل والمعالم من الصور الجـــوية ( وهي عبارة عن إسقاط مخروطي ) إلى لوحة الرسم أو الخريطة باســـقاط عمودي ، كذلك بيان موقع أي نقطة في الصور على الخريطة دون اللجـــوء إلى العمليات الحسابية ، بالاضافة إلى رسم خطوط الكنتور بفاصل رأسي صغير .

# تمارين محلولة على المساحة التصويرية

مثال ( ٩٧ ) : تتغير مناسيب سطح الأرض من ٢٥٠٠ إلى ٣٠٠٠ متر فوق سطح الأرض في منطقة يراد عمل مساحة جوية لها ، فإذا كانت الكاميرا المستخدمة بعدها البؤرى ٢٥ سم ، فما هو ارتفاع الطيران إذا كان مقياس الرسم المطلوب للصورة هو ١ : ٥٠٠٠٠ ٠

الحل :

بما أن مقياس الرسم = $\frac{ف}{ع - ل}$

= $\frac{\text{البعد البؤرى للعدسة}}{\text{ارتفاع الطيران – متوسط منسوب سطح الأرض}}$

ومتوسط منسوب سطح الأرض = $\frac{٢٥٠٠ + ٣٠٠٠}{٢}$ = ٢٧٥٠ متر

∴ $\frac{٠,٢٥}{ع - ٢٧٥٠}$ = $\frac{١}{٥٠٠٠٠}$ = ٩٧٥٠ متر

مثال ( ٩٨ ) : أوجد ارتفاع الطيران إذا علمت أن مقياس الصورة الرأسية هو ١ : ٤٠٠٠٠ ، وكان البعد البؤرى للعدسة ٢٠٠ مم ، ومتوسط منسوب سطح الأرض ٧٥٠ متر ٠

الحل :

مقياس الرسم = $\frac{\text{البعد البؤرى للعدسة}}{\text{ارتفاع الطيران – متوسط منسوب سطح الأرض}}$

∴ مقياس الصورة = $\frac{٠,٢٠}{ع - ٧٥٠}$ = $\frac{١}{٤٠٠٠٠}$

∴ ع – ٧٥٠ = ٦٠٠٠ ∴ ع = ٥٢٥٠ متر

مثال ( ٩٩ ) : منطقة مستطيلة الشكل عرضها ٢٠ كم ، وطولها ٣٠ كم ، يراد تصويرها لعمل موزيك ، فإذا كانت أبعاد اللوح السالب ١٨ × ٢٧ سم ، والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ١٥٠ مم ، وسرعة الطائرة

**المحــدد ١٦٠ كــم / ســاعة ، والــتداخل الطولــى ٦٠ % ، والــتداخل الجانبى ٣٠ % ، فالمطلوب تحديد عدد الصور الكلى اللآزم لتغطية المنطقة بمقياس ١ : ١٨٠٠٠ ٠**

**الحل :**

( ١ ) تحديد ارتفاع الطيران :

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{البعد البؤرى للعدسة}}{\text{ارتفاع الطيران} - \text{متوسط منسوب سطح الأرض}}$$

$$\text{م} = \frac{\text{ف}}{\text{ع} - \text{ل م}}$$

$$\frac{١}{١٨٠٠٠} = \frac{٠,١٥ \text{ متر}}{\text{ع} - \text{صفر}}$$

$\therefore$ ع = ١٨٠٠٠ × ٠,١٥ = ٢٧٠٠ متر

( ٢ ) ايجاد الأبعاد التى تغطيها الصورة الواحدة على الطبيعة :

عرض الصورة على الطبيعة = ١٨ × ١٨٠ متر = ٣٢٤٠ متر

طول الصورة على الطبيعة = ٢٧ × ١٨٠ متر = ٤٨٦٠ متر

( ٣ ) ايجاد طول خط القاعدة :

عرض الصورة على الطبيعة × ( ١ – نسبة التداخل الطولى )

= و ( ١ – ت١ ) = ٣٢٤٠ ( ١ – ٠,٦ ) = ١٢٩٦متر

( ٤ ) ايجاد عدد الصور فى الشريحة الواحدة :

$$\text{عدد الصور فى الشريحة الواحدة} = ٢ + \frac{\text{طول المنطقة}}{\text{طول خط القاعدة}} + ٢$$

$$= ٢ + \frac{٣٠٠٠٠}{١٢٩٦} + ٢ = ٢٧,١٤ \text{ تؤخذ ٢٨ صورة}$$

( ٥ ) عدد الشرائح :

المــسافة بــين كل خطى طيران = طول الصورة على الطبيعة ( ١ – نسبة التداخل العرضى )

= هـ ( ١ – ت٢ ) = ٤٨٦٠ ( ١ – ٠,٣ ) = ٣٤٠٢ متر

العــرض المصور = عرض المنطقة + ( ٢ × نسبة التداخل العرضى × عرض الصورة على الطبيعة )

= ٢٠٠٠٠ + ( ٢ × ٠,٣٠ × ٣٢٤٠ ) = ٢١٩٤٤ متر

عدد الشرائح = العرض الكلى المصور / المسافة بين كل خطى طيران = ٢١٩٤٤ / ٣٤٠٢ = ٦,٤٥

تؤخذ ٧ شرائح

( ٦ ) ايجاد عدد الصور الكلى :

عدد الصور الكلى = عدد الصور فى الشريحة × عدد الشرائح

= ٢٨ × ٧ = ١٩٦ صورة

( ٧ ) ايجاد زمن التقاط الصور :

الزمن بين التقاط صورة والتى تليها = طول خط القاعدة / سرعة الطائرة

= ١٢٩٦ متر / ١٦٠ كم / ساعة

أى = ١٢٩٦ متر / ( ١٦٠ × ١٠٠٠ ) / ٦٠ × ٦٠

= ٦٠ × ٦٠ × ١٢٩٦ / ١٦٠ × ١٠٠٠ = ٢٩,١٦ ث

مثال ( ١٠٠ ) : منطقة مستطيلة الشكل عرضها ١٦ كم ، وطولها ٢٥ كم ، يراد تصويرها لعمل موزيك ، فإذا كانت أبعاد اللوح السالب ١٩ سم × ٢٣ سـم ، والـبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير = ٢٠ سم ، ومقياس الصورة المطلوب ١ : ١٨٠٠٠ ، والتداخل الطولى ٦٠ % ، والتداخل الجانبى ٢٥ % ، وسرعة الطائرة ١٩٠ كم / ساعة فالمطلوب :

١- أوجد عدد الصور اللازمة لتغطية المنطقة وعدد الأفلام ، إذا علمت أن الفيلم الواحد يحتوى على ٤٠ صورة ٠

٢- ايجاد الفترة الزمنية بين التقاط صورة وأخرى

٣- الزمن المطلوب للرحلة كلها ، علما بأن الطائرة تستغرق خمسة دقائق فـى كـل مـن الصعود والهبوط ، وسبع دقائق للدوران عند نهاية كل خط طيران ، وعشر دقائق لتفريغ وتغيير خزان الفيلم ٠

الحل :

( ١ ) تحديد ارتفاع الطيران :

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{البعد البؤرى للعدسة}}{\text{ارتفاع الطيران} - \text{متوسط منسوب سطح الأرض}}$$

$$\text{م} = \frac{\text{ف}}{\text{ع} - \text{ل م}}$$

$$\frac{١}{١٨٠٠٠} = \frac{٠,٢٠ \text{ متر}}{\text{ع} - \text{صفر}}$$

∴ ع = ١٨٠٠٠ × ٠,٢٠ = ٣٦٠٠ متر

( ٢ ) ايجاد الأبعاد التى تغطيها الصورة الواحدة على الطبيعة :

عرض الصورة على الطبيعة = ١٩ × ١٨٠ متر = ٣٤٢٠ متر

طول الصورة على الطبيعة = ٢٣ × ١٨٠ متر = ٤١٤٠ متر

( ٣ ) ايجاد طول خط القاعدة :

عرض الصورة على الطبيعة × ( ١ – نسبة التداخل الطولى )

= و ( ١ – $ت_١$ ) = ٣٤٢٠ ( ١ – ٠,٦ ) = ١٣٦٨ متر

( ٤ ) ايجاد عدد الصور فى الشريحة الواحدة :

$$\text{عدد الصور فى الشريحة الواحدة} = ٢ + \frac{\text{طول المنطقة}}{\text{طول خط القاعدة}} + ٢$$

$$= ٢ + \frac{٢٥ \times ١٠٠٠ \text{ متر}}{١٣٦٨} + ٢ = ٢٢,٢٣$$ تؤخذ ٢٣ صورة

( ٥ ) ايجاد عدد الشرائح ( المسافة بين كل خطى طيران ) :

المسافة بين كل خطى طيران = طول الصورة على الطبيعة ( ١ – نسبة التداخل العرضى )

= هـ ( ١ – $ت_٢$ ) = ٤١٤٠ ( ١ – ٠,٢٥ ) = ٣١٠٥ متر

وكقاعدة مواصفات تضاف نسبة التداخل العرضى للصورة الواحدة على سطح الأرض ، وذلك عند كل طرف من عرض المنطقة لتغطيته ، أى أن العرض المصور هو :

العرض المصور = عرض المنطقة + ( ٢ × نسبة التداخل العرضى × العرض الذى تغطيه الصورة الواحدة على الطبيعة )

أى أن العرض المصور = $ل_{٢}$ + ( ٢ × ٠,٢٥ × و )

العرض المغطى بالصورة الواحدة = مقياس الرسم × طول اللوح السالب

= ١٨٠٠ × ٠,٢٣ = ٤١٤٠ متر

= ١٦٠٠٠ + ( ٢ × ٠,٢٥ × ٤١٤٠ ) = ١٨٠٧٠ متر

عدد الشرائح = (العرض الكلى المصور) / (المسافة بين كل خطى طيران) = ١٨٠٧٠ / ٣١٠٥ = ٥,٨٢

تؤخذ ٦ شرائح ( أو خطوط طيران )

( ٦ ) ايجاد عدد الصور الكلى :

عدد الصور الكلى = عدد الصور فى الشريحة × عدد الشرائح

= ٢٣ × ٦ = ١٣٨ صورة

عدد الأفلام المطلوبة = (عدد الصور الكلية) / (عدد الصور فى الفيلم الواحد) = ١٣٨ / ٤٠

= ٣,٤٥ تؤخذ ٤ أفلام

( ٧ ) ايجاد زمن التقاط الصور :

الزمن بين التقاط صورة والتى تليها = (طول خط القاعدة) / (سرعة الطائرة)

= (١٣٦٨ متر) / (١٩٠ كم / ساعة)

أى = (١٣٦٨ متر) / (( ١٩٠ × ١٠٠٠ ) / ٦٠ × ٦٠)

= (١٣٦٨ × ٦٠ × ٦٠) / (١٩٠ × ١٠٠٠) = ٢٥,٩٢ ث

( ٨ ) ايجاد زمن الرحلة الكلى :

زمن الالتقاط ( زمن أخذ الصور المتعاقبة ) = ٢٥,٩٢ ث ( سبق ايجادها )

زمن الرحلة الكلى = زمن صعود الطائرة وهبوطها +

( عدد الصور فى الشريحة الواحدة – ١ ) × ن × ( عدد الشرائح ) +

( عدد الشرائح – ١ ) × زمن المناورة +

( عدد الأفلام ) × زمن تغيير الفيلم ٠

**حيث ن ٠٠٠٠٠ هى زمن التقاط الصور ( زمن أخذ الصور المتعاقبة )**

**زمن الرحلة الكلى = ٢ × ٣٠٠ ثانية +**

**( ٢٣ -١ ) × ٢٥,٩٢ ثانية × ( ٦ شرائح ) +**

**( ٦ – ١ ) × ٤٢٠ ثانية +**

**٤ × ٦٠٠ ثانية ٠**

زمن الرحلة الكلى = ٦٠٠ + ٣٤٢١,٤٤ + ٣٦٠٠ + ٢٤٠٠ =

١٠٠٢١,٤٤ ثانية = ١٦٧,٠٢٤ دقيقة = ٢,٧٦٤ ساعة

**مثال ( ١٠١ ) : صورة جوية تظهر عليها النقطة أ باحداثيات أفقية ورأسية عن النقطة الأساسية هى + ٧٥ مم ، + ١٠٠ مم ، كما تظهر عليها نقطة ب باحداثيات + ٥٠ مم ، + ٦٠ مم ، أوجد المسافة بين النقطتين أ ، ب إذا علمت أن مقياس هذه الصورة ١ : ١٥٠٠٠ ٠**

**الحل :**

فارق الاحداثى الأفقى = ٧٥ – ٥٠ = ٢٥ مم ٠

فارق الاحداثى الرأسى = ١٠٠ – ٦٠ = ٤٠ مم ٠

إذا المسافة بين النقطتين على الصورة

$$= \sqrt{(س_أ - س_ب)^2 + (ص_أ - ص_ب)^2}$$

$$= \sqrt{(٢٥)^2 + (٤٠)^2} = ٤٧,١٧ \text{ مم}$$

إذا المسافة بين النقطتين على الطبيعة = ٠,٠٤٧١٧ م × ١٥٠٠٠

= ٧٠٧,٥٥ م

**مثال ( ١٠٢ ) : أوجد المسافة المائلة بين نقطتين أ ، ب على صورة جوية إذا علمت أن احداثيات نقطة أ هى -٥٠ مم ، -٧٥ مم ، واحداثيات نقطة ب هى - ٣٥ مم ، - ٤٥ مم ، وإن منسوب النقطة أ هو ١٥٠٠ متر ، ومنسوب نقطة ب هو ١٠٠٠ متر ، ومقياس هذه الصورة هو ١ : ٢٠٠٠٠ ٠**

**الحل :**

فارق الاحداثى الأفقى = -٥٠مم + ٣٥مم = -١٥ مم .
فارق الاحداثى الرأسى = -٧٥مم + ٤٥مم = -٣٠ مم .
∴ المسافة بين النقطتين على الصورة

$$= \sqrt{(س_ا - س_ب)^٢ + (ص_ا - ص_ب)^٢}$$

$$= \sqrt{(-١٥)^٢ + (-٣٠)^٢} = ٣٣,٥٤ \text{ مم}$$

∴ المسافة بين النقطتين على الطبيعة = ٠,٠٣٣٥٤ × ٢٠٠٠٠
= ٦٧٠,٨ متر

$$\text{المسافة المائلة} = \sqrt{(\text{المسافة الأفقية})^٢ + (\text{فارق المنسوب})^٢}$$

$$= \sqrt{(٦٧٠,٨)^٢ + (٥٠٠)^٢} = ٨٣٦,٧ \text{ متر}$$

**مـثال ( ١٠٣ ) : إذا كانـت نقطـة أ قـد ظهرت على صورة جوية على بعـد ٢٣,١٥٢ سـم من النقطة الأساسية ، فى حين أن بعدها الحقيقى هو ٢٣,٠٦٧ سـم ، وكان منسوب ( أ ) هو ١٠٠ متر فوق سطح المقارنة ، أوجـد منسوب النقطة ( ب ) إذا ظهرت على بعد ١٩,٦٨٧ سم من النقطة الأساسية علما بأن بعدها الحقيقى هو ١٩,٨١٣ سم .**

**الحل :**

ازاحـة النقطة أ = البعد الظاهرى عن النقطة الأساسية - البعد الحقيقى عن النقطة الأساسية .

إزاحة النقطة أ = ٢٣,١٥٢ - ٢٣,٠٦٧ = ٠,٠٨٥ سم .

ولكن إزاحة النقطة أ =

$$\frac{\text{البعد الظاهرى عن النقطة الأساسية} \times \text{ارتفاع النقطة عن سطح المقارنة}}{\text{ارتفاع الطيران}}$$

أى أن

$$ز_ا = \frac{د \times ل_ا}{ع}$$

$$٠,٠٨٥ = \frac{٢٣,١٥٢ \times ١٠٠}{ع}$$

∴ ع = ٢٧٢٣٧,٦٥ سم

ملحوظة يمكن أن يكون القانون السابق على الصورة

ز = (د‾ × ل ا) / ( ع − ل ا )

وبالنسبة لنقطة ب :

د ب = ١٩,٦٨٧ سم ، د‾ ب = ١٩,٨١٣ سم

ز ب = د ب − د‾ ب = ١٩,٦٨٧ − ١٩,٨١٣ = −٠,١٢٦ سم ٠

ولكن

ز ب = (د ب × ل ب) / ع

−٠,١٢٦ = (١٩,٦٨٧ × ل ب) / ٢٧٢٣٧,٦٥ = − ١٧٤,٣٢٥ متر

أى أن منسوب نقطة ب تحت مستوى المقارنة بنحو ١٧٤,٣٢٥ متر ٠

**مثال ( ١٠٤ ) : صورت صورة لبرج رأسى أ ب فكانت الاحداثيات التصويرية لقمته ( أ ) هى س ا = −٥٠ مم ، ص ا = − ٥٠ مم ، وكانت س ب = −٣٠ مم ، ص ب = −٣٠ مم ، فإذا علمت أن سطح المقارنة يقع عند حضيض البرج تماما ، أى عند النقطة ب ، وأن ارتفاع الطيران هو ٢٨٠٠ متر ، أوجد ارتفاع البرج ٠**

الحل :

بعد القمة عن النقطة الأساسية

= √( ( الإحداثى الأفقى )^٢ + ( الإحداثى الرأسى )^٢ )

= √( ( ٥٠ )^٢ + ( ٥٠ )^٢ ) = ٧٠,٧١ مم

بعد حضيض البرج عن النقطة الأساسية =

√( ( الإحداثى الأفقى )^٢ + ( الإحداثى الرأسى )^٢ )

= √( ( ٣٠ )^٢ + ( ٣٠ )^٢ ) = ٤٢,٤٣مم

الإزاحة = بعد القمة عن النقطة الأساسية − بعد الحضيض عن النقطة الأساسية

= ٧٠,٧١ − ٤٢,٤٣ = ٢٨,٢٨ مم

ولكن

ز = (بعد القمة × ارتفاع البرج) / ارتفاع الطيران

$$ز = \frac{٧٠,٧١ \times \text{ارتفاع البرج}}{٢٨٠٠}$$

$$٠,٠٢٨٢٨ \text{ متر} = \frac{٧٠,٧١ \times \text{ارتفاع البرج}}{٢٨٠٠}$$

$$\therefore \text{ ارتفاع البرج} = \frac{٢٨٠٠ \times ٠,٠٢٨٢٨}{٠,٠٧٠٧١}$$

أى أن ارتفاع البرج على الطبيعة = ١١١٩,٨ متر

**مثال ( ١٠٥ ) : قامت طائرة بالتقاط صورة لمنطقة يظهر بها برج رأسى أ ب فكانت الاحداثيات التصويرية لقمته ( أ ) هى $س_{أ}$ = + ٩٠ مم ، $ص_{أ}$ = + ١٠٠ مم ، وكانت $س_{ب}$ = + ٧٠ مم ، $ص_{ب}$ = + ٩٥ مم ، فإذا علم أن سطح المقارنة ينخفض عن منتصف البرج بمقدار ٢٠٠ متر ، احسب ارتفاع البرج وبعد البرج عن محور التصوير إذا علمت أن ارتفاع الطيران ٢٥٠٠ متر ، وكان البعد البؤرى لآلة التصوير الجوى ١٥٠ مم .**

**الحل :**

بعد القمة عن النقطة الأساسية

$$= \sqrt{(\text{الإحداثى الأفقى})^{٢} + (\text{الإحداثى الرأسى})^{٢}}$$

$$= \sqrt{(٩٠)^{٢} + (١٠٠)^{٢}} = ١٣٤,٥٤ \text{ مم}$$

بعد حضيض البرج عن النقطة الأساسية =

$$\sqrt{(\text{الإحداثى الأفقى})^{٢} + (\text{الإحداثى الرأسى})^{٢}}$$

$$= \sqrt{(٧٠)^{٢} + (٩٥)^{٢}} = ١١٨ \text{ مم}$$

الإزاحة = بعد القمة عن النقطة الأساسية – بعد الحضيض عن النقطة الأساسية

= ١٣٤,٥٤ – ١١٨ = ١٦,٥٤ مم

ولكن $$ز = \frac{د_{أ} \times ب_{أ}}{\bar{ع}}$$

$$\text{١٦,٥٤} = \frac{\text{١٣٤,٥٤} \times \text{ارتفاع البرج}}{\text{٢٥٠٠} + [(\text{ل} / \text{٢}) - \text{٢٠}]}$$

$$\text{١٦,٥٤} \,[\, \text{٢٤٨٠} + (\text{ل} / \text{٢})\,] = \text{١٣٤,٥٤} \times \text{ل}$$

$$\therefore \text{٤١٠١٩,٢} + \text{٨,٢٦ ل} = \text{١٣٤,٥٤ ل}$$

$$\therefore \text{٤١٠١٩,٢} = \text{١٤٢,٨ ل}$$

$$\therefore \text{ل (ارتفاع البرج)} = \text{٢٨٧,٢٥}$$

$$\frac{\text{د أ}}{\text{ك}} = \frac{\text{ف}}{\text{ع}^- - \text{ل أ}}$$

$$\frac{\text{بعد قمة البرج عن النقطة الأساسية فى الصورة}}{\text{بعد البرج عن محور التصوير فى الطبيعة}} = \frac{\text{البعد البؤرى لآلة التصوير الجوى}}{\text{مستوى المقارنة – ارتفاع البرج}}$$

$$\frac{\text{٠,١٣٤٥٤}}{\text{ك}} = \frac{\text{٠,١٨٠ متر}}{[\,\text{٢٥٠٠} + (\text{٢٨٧,٢٥} / \text{٢}) - \text{١٠٠}\,] - \text{٢٨٧,٢٥}}$$

$$\frac{\text{٠,١٣٤٥٤}}{\text{ك}} = \frac{\text{٠,١٨٠}}{\text{٢٢٥٦,٣٧٥}}$$

$\therefore$ ك = ١٦٨٦,٥ متر

مـــثال ( ١٠٦ ) أخـــذت صـــورتين متتاليتـــين رأسيتين عندما كان ارتفاع التـــصوير ١٣٨٤ متـــرا فوق سطح البحر ، وكان البعد البؤرى لعدسة آلة التـــصوير هو ١٥٢,٤ مم – فإذا كان خط القاعدة الجوى هو ٤٢٦ مترا ، وعند توجيه الصورتين توجيها صحيحا تحت الاستريوسكوب كانت قراءات قـــضيب البـــرالاكس هى ١٢,٥٧ مم ، ١٣,٠٤ مم عندما استقرت العلامة العائمـــة فوق مركزى الصورتين أ ، ب على الترتيب ، قيست المسافة بين موقعـــى المركـــزين فى الصورة الأولى اليسرى فكانت ٩٣,٧٣ مم ، وفى الـــصورة اليمنـــى ٩٣,٣٠ مم ، فإذا كانت قراءة الميكرومتر عند استقرار العلامـــة العائمـــة على نقطتين أ ، ب هى ١٠,٩٦ مم ، ١٥,٢٧ مم على الترتيب ، وكانت احداثيات النقطتين أ ، ب فى الصورة اليسرى هى :

س ا = ٥٣,٤١ مم　　　　　　ص ا = ٥٠,٨٤ مم

س ب = ٨٨,٩٢ مم　　　　　　ص ب = - ٤٦,٩٦ مم

الإجابة :

$ث_1$ = ح $_{س1}$ − و $_{س1}$

= ٩٣,٣٠ − ١٢,٥٧ = ٨٠,٧٣ مم

$ث_2$ = ح $_{س2}$ − و $_{س2}$

= ٩٣,٧٣ − ١٣,٠٤ = ٨٠,٦٩ مم

ث = ( $ث_1$ + $ث_2$ ) / ٢

= ( ٨٠,٧٣ + ٨٠,٦٩ ) / ٢ = ٨٠,٧١

ح ا = ث + و ا = ٨٠,٧١ + ١٠,٩٦ = ٩١,٦٧ مم ٠

ح ب = ث + و ب = ٨٠,٧١ + ١٥,٢٧ = ٩٥,٩٨ مم ٠

ل ا = ع − (ق × ف) / ح ا

ل ا = ١٣٨٤ − (٤٢٦ × ١٥٢,٤) / ٩١,٦٧

ل ا = ١٣٨٤ − ٧٠٨,٢ = ٦٧٥,٧٨ متر

ولايجاد ارتفاع أ فوق مستوى المقارنة أى قيمة ل ا نستخدم المعادلة :

ل ب = ع − (ق × ف) / ح ب

ل ا = ١٣٨٤ − (٤٢٦ × ١٥٢,٤) / ٩٥,٩٨

ل ا = ١٣٨٤ − ٩١٣,٥٥ = ٧٠٧,٥٨متر

ولايجاد المسافة الأفقية أ ب توجد الاحداثيات الأرضية للنقطتين أ ، ب ٠

س أرضى = س تصويرى × $\frac{ق}{ح}$

ص أرضى = ص تصويرى × $\frac{ق}{ح}$

---

س ا أرضى = ٤٢٦ × $\frac{٥٣,٤١}{٩١,٦٧}$ = ٢٤٨,٢٠ مم

ص ا أرضى = ٤٢٦ × $\frac{٥٠,٨٤}{٩١,٦٧}$ = ٢٣٦,٢٦ مم

---

س ب أرضى = ٤٢٦ × $\frac{٨٨,٩٢}{٩٥,٩٨}$ = ٣٩٤,٦٦ مم

ص ب أرضى = ٤٢٦ × $\frac{- ٤٦,٩٦}{٩٥,٩٨}$ = - ٢٠٨,٤٣ مم

المسافة الأفقية = $\sqrt{(\text{الفارق السينى})^{2} + (\text{الفارق الصادى})^{2}}$

الفارق السينى = ٣٩٤,٦٦ - ٢٤٨,٢٠ = ١٤٦,٤٦ متر

الفارق الصادى = -٢٠٨,٤٣ - ٢٣٦,٢٦ = -٤٤٤,٦٩ متر

المسافة الأفقية = $\sqrt{(١٤٦,٤٦)^{2} + (-٤٤٤,٦٩)^{2}}$

= ٤٦٨,١٩ مترا

# مسائل على المساحة التصويرية

١- فى مشروع تصوير جوى كان خط القاعدة الجوى ٤٠٠٠ قدم عندما كان ارتفاع الطيران فوق سطح الأرض ٦٥٠٠ قدم ، وكان البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٥ بوصات ، وأبعاد الصور ١٠ × ١٠ بوصة – عين التداخل الطولى والمسافات بين خطوط الطيران إذا كان التداخل الجانبى ٢٥ % .

٢- مقياس رسم الصور فى مشروع تصوير جوى هو ١ : ٢٠٠٠٠ – عين طول خط القاعدة الجوى للحصول على تداخل طولى ٥٠ % لصور ٢٥ × ٢٥ سم .

٣- مساحة على هيئة مستطيل أبعاده ٦٠ × ٤٠ كم ، ومتوسط المنسوب لها ٥٥٠ متر يراد تصويرها لعمل موزيك بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠٠ بآلة تصوير جوى بعدها البؤرى ١٥٠ مم ، وأبعاد اللوح السالب ٢٥ × ٢٣ سم وقيم التداخل الطولى والجانبى ٥٠ % ، ٣٠ % على الترتيب ، والمطلوب تحضير خريطة طيران مناسبة وعليها المعلومات الفنية اللازمة لاتمام المشروع ، وإذا كانت سرعة الطيران ١٥٠ كم / ساعة ، إحسب الفترة الزمنية بين التقاط الصور ، عين أيضا قيم التداخل الفعلية .

٤- زمن اللقطات فى مشروع تصوير هو ٣٠ ثانية عندما كانت سرعة الطائرة ١٥٠ كم / ساعة وكان ارتفاع الطيران فوق الأرض ٣٥٠٠ متر ، فإذا كانت ف = ١٦٠ مم ، ومقاسات الصور ٢٤ × ٢٤ سم ، وكانت المسافة بين خطوط الطيران ٣٠٠٠ متر فعين كلا من التداخل الطولى والجانبى .

٥- يراد تصوير منطقة مستطيلة الشكل أبعادها ٢٠ × ٢٥ كيلومتر للحصول على صور جوية بمقياس ١ : ٢٥٠٠٠ وذلك باستخدام آلة تصوير جوى بعدها البؤرى ٢٠ سم وأبعاد اللوح السالب لها ٢٠ × ٢٠ سم بتداخل طولى وجانبى ٦٥ % ، ٣٥ % على الترتيب ، فإذا علم أن سرعة الطائرة أثناء التصوير ٣٠٠ كم / ساعة فالمطلوب :

أ – حساب ارتفاع الطيران اللازم إذا كان متوسط منسوب سطح الأرض فى المنطقة ( + ٥٠٠٠ ) ٠

ب – حساب المساحة المغطاه من سطح الأرض بالصورة الواحدة ٠

جـ – تحديد اتجاه الطيران ومن ثم حساب عدد الصور اللازمة فى الشريحة الواحدة وعدد الشرائح والمسافات بين خطوط الطيران والتداخل الفعلى الطولى والجانبى ٠

د – تعيين عدد الأفلام اللازمة لإتمام التصوير للمنطقة إذا كان الفيلم الواحد يحوى ٢٠ صورة فقط ٠

هـ – حساب زمن التصوير الفعلى للمنطقة إذا كان زمن الدوران بين كل خطى طيران هو ٥ دقائق ٠

ن– حساب أدنى ارتفاع للطيران حتى لا يحدث تشويه إذا كان زمن فتح العدسة ( ١ / ٦٥ ثانية ) ٠

٦ – المطلوب تحضير مشروع للتصوير الجوى لمنطقة من الأرض مستطيلة الشكل تقريبا ، أبعادها ١٠٠ × ٥٠ كم ، فإذا كان البعد البؤرى لعدسة جهاز التصوير ١٠ بوصة وأبعاد لوح التصوير ١٠ × ١٢ بوصة ، والتداخل المطلوب بين الصور هو ٥٠ % فى اتجاه الطيران ، ٣٠ % فى الاتجاه العمودى عليه ، ومحاور التصوير لجميع الصور راسية ، وكان ارتفاع الطيران المطلوب هو ٣٥٠٠ مترا فوق سطح الأرض ، وسرعة الطائرة ٣٠٠ كم / ساعة ، والمطلوب :

أ – ارسم قطعة الأرض المذكورة بمقياس رسم مناسب وبين عليها خطوط الطيران واتجاهاتها ( خريطة الطيران ) ٠

ب – احسب العدد اللازم من الصور فى كل خط طيران ، والفترة الزمنية بين التقاط الصور وبعضها ٠

جـ – إذا كان طول الفيلم الواحد ١٥٠ ياردة فكم عدد الأفلام التى يحتاج إليها هذا المشروع ٠

د – احسب المساحة التى تغطيها الصورة الواحدة ، المساحة المشتركة بين صورتين متجاورتين ٠

هـ – احسب مقياس رسم الصورة ٠

٧- احسب عدد خطوط الطيران وأطوالها وعدد الصور المطلوبة وزمن التصوير الكلى لمنطقة على هيئة مربع طول ضلعه ٦٠ كم علما بأن مقياس رسم الصور المطلوب هو ١ : ٢٠٠٠٠ وأبعاد الصور ٢٣ × ٢٣ سم ، والمنطقة مستوية تقريبا بمنسوب متوسط ( + ٥٠٠٠٠ ) اعتبر زمن الدوران عند نهاية كل خط طيران هو ١٠ دقائق ، وزمن تغيير الفيلم ( ٤٠ صورة ) ٨ دقائق ، عين أيضا التداخل الفعلى الطولى والجانبى اللازم لاتمام التغطية بالصور إذا كان الحد الأدنى للتداخل الطولى والجانبى هو ٦٠ % ، ٣٠ % على الترتيب •

٨- يراد إجراء مساحة فوتوجرامترية جوية لرقعة من سطح الأرض على شكل شبه منحرف قاعدتاه المتوازيتان أ ب ، جـ د طولهما ١٢ كيلومترا ، ١٦ كيلومترا على الترتيب والحد أ جـ عمودى على القاعدتين وطوله ٤ كيلومترات ، فإذا علم أن مقياس الرسم المطلوب هو ١ : ١٠٠٠٠ وآلة التصوير المستخدمة بعدها البؤرى ١٨ سم ، وأبعاد اللوح السالب ٢٠ × ٢٤ سم وسرعة الطائرة أثناء التصوير ٢٨٠ كم / ساعة ، وقيمة التداخل الطولى ٦٥ % ، والتداخل الجانبى ٢٥ % ، والمنسوب المتوسط لسطح الأرض ١٨٠ متر فوق سطح البحر ، فالمطلوب :

أ – حساب ارتفاع الطيران •

ب – الفترة الزمنية بين التقاط الصور •

جـ – المساحة المغطاه من سطح الأرض بالصورة الواحدة •

د – عدد الشرائح وعدد الصور الكلى •

هـ – حساب مقدار إزاحة قمة البرج منسوب قاعدته ٢٢٠ متر وارتفاعه ٨٠ متر ، إذا علم أن صورة قمة البرج تبعد عن مركز الصورة بمقدار ٦ سم •

٩- منطقة ساحلية قريبة من سطح البحر حدود التغطية بها عبارة عن مثلث متساوى الأضلاع طول ضلعه ١٤ كم ، ويراد تصويرها لعمل موزيك للحصول على صورة ١ : ٨٠٠٠ وكانت مقاسات الصور ٢٠ × ٢٠ سم ، وسرعة الطائرة ١٢٠ كم / ساعة ، والتداخل المطلوب ٦٠ % ، ٢٥ % عين على خريطة الطيران ما يلى :

أ – أطوال الشرائح .

ب – المسافات بين خطوط الطيران .

جـ – زمن اللقطات وعدد الصور الكلية للمشروع .

١٠– قطعة أرض أبعادها ١٨ × ١٨ كيلومترا صورت جويا وكانت الصور تلتقط من طائرة سرعتها ١٨٠ كم / ساعة على التوالى كل ١٢ ثانية بتداخل طولى مقداره ٧٠ % ، وكانت آلة التصوير المستخدمة بعدها البؤرى ١٥٠ مم ، وأبعاد اللوح السالب لها ٢٤٠ × ٢٤٠ مم ، وفى إحدى الصور ظهرت قمة برج رأسى ( أ ) بحيث كانت احداثياتها على الصورة هى ( -٢٤مم ، -١٠مم ) فإذا كان ارتفاع هذا البرج ٨٠ مترا ، ومنسوب قمته ( + ١٥٠ ) وسطح الأرض عند منسوب المقارنة ، فالمطلوب تعيين ما يلى :

أ – ارتفاع الطيران أثناء التصوير .

ب – المساحة المغطاه من سطح الأرض بالصورة الواحدة .

جـ – عدد خطوط الطيران وعدد الصور فى كل خط لعمل المساحة الجوية المطلوبة .

د – مقدار التداخل الجانبى الفعلى .

هـ – بعد صورة قاعدة البرج ( ب ) عن مركز الصورة الواقع فيها ، وبعد البرج عن محور التصوير .

و – احداثيات قمة البرج ( أ ) فى الصورة التالية لهذه الصورة مباشرة .

ن – فرق الابتعاد لنقطة ( جـ ) الواقعة على البرج وفى منتصف ارتفاعه وذلك بالنسبة لقمة هذا البرج .

١١ – قيس الابتعاد المطلق لنقطتين أ ، ب من زوج من الصور الرأسية فكانت ح أ = ٤٥ مم ، ح ب = ٥٣ مم ، كما ظهرت فى إحدى الصورتين صورة برج منسوب قاعدته ( ٧٠ متر ) والمسافة على الصورة بين قمته وقاعدته تساوى ٢٢ مم ، والمسافة من مركز الصورة حتى صورة البرج تساوى ٤٣ مم ، والبعد البؤرى لآلة التصوير يساوى ٢٠٠ مم ، وأبعاد اللوح السالب ٢٢٠ × ٢٤٠ مم ، والتداخل الطولى ٦٥ % احسب الكميات الآتية :

أ – ارتفاع الطيران ٠
ب – المساحة المغطاه بالصورة الواحدة ٠
جـ – طول خط القاعدة الجوى ٠
د – مقياس الرسم الأساسى ٠
هـ – ارتفاع البرج الرأسى ، علما بأن منسوب نقط الربط الأرضى أ ، ب هى ( + ٢٤٠ ، + ٣٢٠ ) ٠

١٢- فـى صـورتين متتاليتين ظهرت صورة لقمة تل وكانت احداثيات هذه القمة كما قيست من الصورة اليمنى $س_٢$ = -٩٠ مم ، $ص_٢$ = -٥٠ مم ، وفى الصورة اليسرى كانت أ على بعد ١٣٠ مم من النقطة الأساسية ، فـإذا كـان ارتفـاع الطيران هو ١٨٠٠ متر والبعد البؤرى لعدسة آلة التـصوير ٢٧٠ مـم ، واحداثى أ السينى الأرضى $س_٢$ = ٢٢٥ متر ، وكانت القمة واقعة بين نقطتى النظير فالمطلوب :
أ – طول خط القاعدة الجوى ٠
ب – منسوب القمة أ ٠
جـ – فرق الابتعاد بين نقطتى القمة والنظير الأرضية الثانية ٠
د – بعد خط الطيران عن نقطة القمة ، والبعد الحقيقى بين النقطتين أ ونقطة النظير الأرضية الأولى ٠

١٣- احـسب معامل زيادة العمق لصورة رأسية جوية أخذت بكاميرا بعدها البؤرى ٢٠٠ مم ، ومقاسات الصور ٢٤ × ٢٤ سم علما بأن التداخل هو ٦٥% ، اعتبر ( $ب_١$ / $ع_١$ ) = ٠,١٥ ٠

١٤- يـراد عمل صور جوية رأسية على ارتفاع ١٥٠٠ متر باستعمال آلة تـصوير بعـدها البؤرى ٢٠٠ مم وأبعاد اللوح السالب ٢٥ × ٢٥ سم ، عـين قـيمة التداخل الطولى الواجب أخذه بحيث لا يتعدى معامل زيادة العمق فى مجسم من هذه الصورة ٤ ( اعتبر $ب_١$ / $ع_١$ = ٠,١٥ ) ٠

١٥- يراد عمل صورة جوية رأسية على ارتفاع ٢٠٠٠ متر باستعمال آلة تـصوير بعدها البؤرى ٢٥٠مم ، وأبعاد اللوح السالب ٢٣ × ٢٣ سم ، عـين قـيمة التداخل الطولى الواجب أخذه بحيث لا يتعدى معامل زيادة العمق فى مجسم من هذه الصورة ٢ ( اعتبر $ب_١$ / $ع_١$ = ٠,١٥ ) ٠

١٦- المسافة الأفقية بين محطتي التقاط صورتين متتاليتين عينت من المسافة المقاسة بين النقطتين الأساسيتين على خريطة الطيران فوجدت ٨٠٠ متر ، ارتفاع الطيران فوق مستوى المقارنة ٧٠٠٠ متر ، البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٤٥ سم ، احداثيات نقطة ( أ ) قمة تل كما قيست من الصورة ( أ ) هى س١ = + ١٢٠مم ، ص١ = + ٣٥ متر ، وفى الصورة ( ٢ ) س٢ = + ٥٥ مم ، أوجد إحداثيات أ بالنسبة لنقطة النظير الأرضية فى الصورة ( ١ ) ، وكذلك ارتفاع أ فوق مستوى المقارنة .

١٧- إذا كان طول القاعدة الجوى مقاسا بمقياس رسم الصورة ١٩٠ مم ، وفرق الابتعاد من صورتين لهدفين مختلفين هو ٩ مم ، عين فرق المنسوب بين الهدفين إذا كان ارتفاع الطيران ٦٠٠٠ متر فوق المنسوب المتوسط لسطح الأرض .

١٨- زوج من الصور الجوية المتتالية ، أبعادهما ٢٣ × ٢٣ سم بمقياس رسم ١ : ٣٥٠٠٠ ونسبة التداخل الطولي بينهما ٧٦ % والبعد البؤري لعدسة آلة التصوير ٣٥ سم . تتراوح مناسيب سطح الأرض بين مستوى سطح البحر، ٥٥٠ متر. يظهر فيها صورة برج لتقوية الارسال اللاسلكي منسوب قاعدته ٢٥٠ متراً فوق سطح البحر. ولإيجاد ارتفاع هذا البرج قيس ابتعاد قاعدته ( ح أ ) بقضيب الابتعاد فكانت ٥,١٥ ملليمترات ، كما قيست ابتعاد قمته ( ح ب ) وكانت ٥,٩٥ ملليمترات. فكم يبلغ ارتفاع هذا البرج .

١٩- وضعت صورتان رأسيتان متعاقبتان تحت الاستريوسكوب ، وقد عمل التوجيه الصحيح اللازم لهما ، وكانت قراءة قضيب البرالاكس عند تثبيت العلامة العائمة على مركزى الصورتين ( ص١ ) اليسرى ، ( ص٢ ) اليمنى ، هى ١٣,٦٦ مم ، ١٤,٠٢ مم على الترتيب ، فإذا كان الابتعاد المطلق لمركز الصورة الأولى كما قيست من الصورة اليمنى هو ٩٤,٩٩٤ مم ، والابتعاد المطلق لمركز الصورة الثانية كما قيست من الصورة اليسرى هو ٩٥,١٣ مم – وكانت قراءة الميكرومتر لقضيب البرالاكس عند نقطتين ظاهرتين فى كل من الصورتين أ ، ب هى ١٢,٦

مم ، ١٦,٨ مم عين منسوب كلا من أ ، ب لأقرب متر علما بأن الطائرة علـــى ارتفـــاع ٢٠٠٠ مترا وطول خط القاعدة الجوى هو ٦٠٠ مترا ، والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير المستخدمة هو ١٥٠مم ٠

٢٠- ثم ضبط قضيب الابتعاد على منسوب ٩٠ مترا وكانت قراءته ٨٩,٦٣ ملليمتـــرا والمطلـــوب رســـم خطوط الكنتور كل ١٥ أمتار . فكم تكون القـــراءة الواجب ضبط قضيب الابتعاد عليها عند رسم خطي كنتور ٤٥ متـــراً ، ٦٥ متـــراً . علماً بأن ارتفاع الطيران ٥٥٠٠ متر وطول خط القاعدة ٥٥ ملليمترا ( على الصور الجوية ) .

٢١- مـــنطقة مـــستطيلة الـــشكل عرضـــها ١٨ كم وطولها ٢٩ كم ، يراد تـــصويرها لعمل موزيك ، فإذا كانت أبعاد اللوح السالب ٢٠ سم × ٢٥ ســـم ، والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير = ٢٥ سم ، ومقياس الصورة المطلـــوب ١ : ٢٠٠٠٠ ، والتداخل الطولى ٦٥ % ، والتداخل الجانبى ٣٠ % ، وسرعة الطائرة ١٥٠ كم / ساعة فالمطلوب :

١- أوجـــد عدد الصور اللازمة لتغطية المنطقة وعدد الأفلام ، إذا علمت أن الفيلم الواحد يحتوى على ٤٠ صورة ٠

٢- إيجاد الفترة الزمنية بين التقاط صورة وأخرى

٣- الزمن المطلوب للرحلة كلها ، علما بأن الطائرة تستغرق خمسة دقائق فى كـــل مـــن الـــصعود والهبوط ، وسبع دقائق للدوران عند نهاية كل خط طيران ، وعشر دقائق لتفريغ وتغيير خزان الفيلم ٠

٢٢- صـــورة جوية تظهر عليها النقطة أ باحداثيات أفقية ورأسية عن النقطة الأساســـية هـــى + ١٠٠ مـــم ، + ١٥٠ مم ، كما تظهر عليها نقطة ب باحداثيات + ٦٠ مم ، + ٧٠ مم ، أوجد المسافة بين النقطتين أ ، ب إذا علمت أن مقياس هذه الصورة ١ : ٢٠٠٠٠ ٠

٢٣- أوجد المسافة المائلة بين نقطتين أ ، ب على صورة جوية إذا علمت أن احداثـــيات نقطـــة أ هـــى -٧٥ مـــم ، -١٠٠مم ، واحداثيات نقطة ب هـــى - ٥٠ مـــم ، - ٦٥ مـــم ، وإن منـــسوب الـــنقطة أ هـــو ١٥٠٠ متر ، ومنسوب نقطة ب هو ١٠٠٠ متر ، ومقياس هذه الصورة هو ١ : ٢٠٠٠٠ ٠

٢٤- إذا كانت نقطة أ قد ظهرت على صورة جوية على بعد ٢٣,٥ سم من النقطة الأساسية ، فى حين أن بعدها الحقيقى هو ٢٣,٢ سم ، وكان منسوب ( أ ) هو ١٥٠ متر فوق سطح المقارنة ، أوجد منسوب النقطة ( ب ) إذا ظهرت على بعد ٢٠ سم من النقطة الأساسية علما بأن بعدها الحقيقى هو ٢٠,١ سم ٠

٢٥- صورت صورة لبرج رأسى أ ب فكانت الاحداثيات التصويرية لقمته ( أ ) هى س أ = -٦٠ مم ، ص أ = - ٧٠ مم ، وكانت س ب = -٤٠ مم ، ص ب = -٥٠ مم ، فإذا علمت أن سطح المقارنة يقع عند حضيض البرج تماما ، أى عند النقطة ب ، وأن ارتفاع الطيران هو ٣٠٠٠ متر ، أوجد ارتفاع البرج ٠

٢٦- قامت طائرة بالتقاط صورة لمنطقة يظهر بها برج رأسى أ ب فكانت الاحداثيات التصويرية لقمته ( أ ) هى س أ = + ١٠٠ مم ، ص أ = + ١١٠ مم ، وكانت س ب = + ٧٥ مم ، ص ب = +١٠٠ مم ، فإذا علم أن سطح المقارنة ينخفض عن منتصف البرج بمقدار ٣٠٠ متر ، احسب ارتفاع البرج وبعد البرج عن محور التصوير إذا علمت أن ارتفاع الطيران ٣٠٠٠ متر ، وكان البعد البؤرى لآلة التصوير الجوى ١٧٥ مم ٠

٢٧- أخذت صورتين ممتاليتين رأسيتين عندما كان ارتفاع التصوير ١٥٠٠ مترا فوق سطح البحر ، وكان البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير هو ١٥٠مم – فإذا كان خط القاعدة الجوى هو ٥٠٠ مترا ، وعند توجيه الصورتين توجيها صحيحا تحت الاستريوسكوب كانت قراءات قضيب البرالاكس هى ١٢,٦مم ، ١٣,١مم عندما استقرت العلامة العائمة فوق مركزى الصورتين أ ، ب على الترتيب ، قيست المسافة بين موقعى المركزين فى الصورة الأولى اليسرى فكانت ٩٣,٧ مم وفى الصورة اليمنى ٩٣,٣ مم ، فإذا كانت قراءة الميكرومتر عند استقرار العلامة العائمة على نقطتين أ ، ب هى ١١ مم ، ١٥ مم على الترتيب ، وكانت احداثيات النقطتين أ ، ب فى الصورة اليسرى هى :

س أ = ٥٤ مم　　　　ص أ = ٥١ مم

س ب = ٨٩ مم　　　　ص ب = - ٤٥ مم

# قائمة المراجع

**أولاً : باللغة العربية :**


( ١ ) إبراهيم زيادى ( ١٩٩٣م ) : مبادئ الخرائط والمساحة ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ١٩٩٣م .

( ٢ ) أحمد أحمد السيد مصطفى ( ١٩٨٧م ) : الجغرافيا العملية والخرائط دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية .

( ٣ ) ———— ( ١٩٨٧م ) : الخرائط الكنتورية ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية .

( ٤ ) ———— ( ١٩٩٢م ) : الخرائط الجيولوجية ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية .

( ٥ ) أحمد البدوى الشريعى ( ١٩٩٨م ) : الخرائط الجغرافية تصميم وقراءة وتفسير ، دار الفكر العربى ، القاهرة .

( ٦ ) جودة حسنين جودة ( ١٩٩٠م ) : الجغرافيا الطبيعية والخرائط ، منشأة المعارف ، الإسكندرية .

( ٧ ) على شكرى ( ١٩٧٥م ) : المساحة المستوية والمائية ، الهيئة المصرية العامة للكتاب .

( ٨ ) ———— ، وزملاؤه ( ١٩٧٥م ) : المساحة الطبوغرافية ، منشأة المعارف ، الإسكندرية .

( ٩ ) ———— ، وزملاؤه ( ١٩٧٥م ) : المساحة المستوية ، منشأة المعارف ، الإسكندرية .

( ١٠ ) فايز محمد العيسوى ( ١٩٩٢م ) : خرائط التوزيعات البشرية ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية .

( ١١ ) فتحى عبد العزيز أبوراضى ( ١٩٨٨م ) : الجغرافيا العملية ومبادئ الخرائط ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية .

( ١٢ ) ـــــــــــــ ( ١٩٩١م ) : التوزيعات المكانية ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية •
( ١٣ ) محمد صبحى عبد الحكيم ، ماهر عبد الحميد الليثى ( ١٩٦٦م ) : علم الخرائط ، مكتبة الأنجلو المصرية ، القاهرة •
( ١٤ ) محمد فريد فتحى ( ١٩٩٢م ) : المساحة للجغرافيين ، الجزء الأول والجزء الثانى ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية •
( ١٥ ) محمد فريد يوسف ( ١٩٧٦م ) : المساحة الهندسية ، دار المطبوعات الجديدة ، الإسكندرية •
( ١٦ ) محمد محمد سطيحة ( ١٩٧٤م ) : الجغرافيا العملية وقراءة الخرائط ، دار النهضة العربية ، بيروت •
( ١٧ ) ياسر أحمد السيد السيد ( ٢٠٠٣ ) :المساحة المستوية ، للجغرافيين والكارتوجرافيين ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية •
( ١٨ ) يسرى الجوهرى ( ١٩٨١م ) : الخرائط الجغرافية ، دار المعارف ، القاهرة •






مكتبة بستان المعرفة
لطبع ونشر وتوزيع الكتب
كفر الدوار ـ الحدائق ـ بجوار نقابة التطبيقيين
☎٠٤٥/٢٢٢٤٢٢٨ الإسكندرية: ٠١٢٣٥٣٤٨١٤